

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЦИВІЛЬНОГО
ЗАХИСТУ

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ
І ЗАГРОЗ ВИНИКНЕННЯ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ**

2016

ISBN 978-966-7792-05-3

**Матеріали II-ої
міжнародної конференції**

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**



**ПРАЦІ II-ої МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ І ЗАГРОЗ ВИНИКНЕННЯ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ»**

26-28 травня 2016

Київ, Україна

Організаційний комітет:

Голова Оргкомітету: генерал-майор сл.ц.з. КРОПИВНИЦЬКИЙ Віталій Станіславович, начальник Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту (УкрНДЦЗ), Україна;

Співголова оргкомітету: д.т.н., проф., ПОПОВ Михайло Олексійович, заступник директора з наукової роботи Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України;

Співголова оргкомітету: член-кореспондент НАН України, д.т.н., проф. ТРОФИМЧУК Олександр Миколайович, во директора Інституту телекомунікацій та глобального інформаційного простору;

Співголова оргкомітету: член-кореспондент НАН України, д.т.н., проф. ЛИСИЧЕНКО Георгій Віталійович, директор ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»;

Заступник голови: ЄВДІН Олександр Миколайович, перший заступник начальника УкрНДЦЗ, Україна;

Заступник голови: полковник сл. ц.з. БОРИС Олександр Павлович, заступник начальника УкрНДЦЗ, Україна.

проф. Мирослав КЕЛЕМЕН, PhD, бриг. ген., ректор Вищої школи менеджменту безпеки в Кошицях, Словацька Республіка;

плк., проф. Павел НЕЧАС, PhD., проректор з науки, досліджень і міжнародних відносин, Вищої школи менеджменту безпеки в Кошицях, Словацька Республіка;

плк. інж. Штефан ГАЛЛА, PhD., директор інституту пожежно-технічної та експертної оцінки Міністерства внутрішніх справ, Словацька Республіка;

доц. Растислав КАЗАНСЬКИЙ, PhD, зав. каф. досліджень безпеки, Університет Матея Бела в Банській Бистриці, Словацька Республіка;

ген. ІСОСРІМ, почесний доктор, Йозеф ЗЯТЬКО, Словацька Республіка.

проф., д. Ян МАЦИЄВСЬКИЙ, Університет Вроцлавський, Республіка Польща;

др. інж. Вальдемар ГАЙДА, ректор Варшавської вищої школи управління, Республіка Польща;

др. Юліуш ПІВОВАРСЬКИЙ, ректор Вищої школи публічної і індивідуальної безпеки «Апейрон», Республіка Польща;

д.ю.н., проф., Віктор ПОРАДА, Вища школа в Карлових Варах, Чеська Республіка;

доц., к.т.н. Володимир ЗУБЕК, Вища школа в Карлових Варах, Чеська Республіка;

д.т.н., проф. Бедріх ШЕСТАК, каф. Кризового менеджменту, Поліцейська академія Чеської Республіки в Празі;

д.т.н., доц. Йозеф САБОЛ, каф. Кризового менеджменту, Поліцейська академія Чеської Республіки в Празі.

ЛІТВІНОВ Юрій Миколайович, директор ТОВ «НТУ СЕРВІС», Литовська Республіка.

д.ф.-м.н., проф., КЛИМЕНКО Віталій Петрович, заступник директора з наукової роботи інституту проблем математичних машин та систем;

д.т.н., НІКУЛІН Олександр Федорович, начальник науково-дослідного центру інноваційних технологій УкрНДЦЗ, Україна;

д.ф.м.н., проф., ДІВІЗІНЮК Михайло Михайлович, заступник директора з наукової роботи ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»;

д.т.н., с.н.с. ЧУМАЧЕНКО Сергій Миколайович, начальник відділу моделювання надзвичайних ситуацій УкрНДЦЗ, Україна.

ISBN 978-966-7792-05-3

ЗМІСТ

V. Štefka Safety education in the czech republic	9
Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дівізінюк, О.В. Фаррахов, О.М. Фурсенко Системи моніторингу низько активних ізотопів для запобігання надзвичайних ситуацій	13
Е.В. Азаренко, О.В. Бляшенко, М.М. Дивизинюк, В.Е. Ковач Системы экологического мониторинга морских захоронений отравляющих веществ	21
Е.В. Азаренко, О.В. Бляшенко, О.В. Алексеева, В.Е. Ковач Математична модель процесу моніторингу радіаційного забруднення промислових та житлових споруд	30
Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гочаренко, М.М. Дивизинюк Защита телеметрической информации на критически важных объектах	42
Є.О. Яковлєв Автореабілітаційне затоплення шахт Донбасу як критичний фактор надзвичайних ситуацій у зоні впливу АТО	49
В.Ф. Кондрат, Я.Й. Лопушанський, М.М. Семерак Вогняні торнадо у містах	59
В.А. Романюк, О.Я. Сова, А.В. Романюк Цільові функції управління вузлами безпроводових сенсорних мереж моніторингу об'єктів критичної інфраструктури	69
С.П. Мосов Застосування безпілотних авіаційних комплексів для вирішення завдань надзвичайних ситуацій: вимоги, проблемні питання та рекомендації	76
Н.В. Пазинич, Л.П. Ліщенко, Г.Б. Крилова, В.Є. Філіпович, М.С. Лубський Дослідження та моніторинг пожежонебезпечних торфовищ на основі матеріалів дистанційного зондування землі	80
Р.М. Білик, В.В. Мендерецький, У.І. Недільська, О.П. Панчук, О.Г. Чорна Навчання з аналізу ризику і управління безпекою в контексті освіти з цивільного захисту та кризового менеджменту	87
С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, А.М. Демків Методика розрахунку видужання ¹³⁷ CS у чорнобильській зоні відчуження після природних пожеж	95
О.Г. Барило, С.П. Потеряйко Модель порівняння якостей керівника за стилями керівництва в умовах ризику	101
І.О. Васильєв Оцінка рівня ризику – головна складова пожежної безпеки	108
П.Б. Волянський, О.П. Євсюков, А.В. Терент'єва Методологічні засади викладання навчального курсу «Управління ризиками у сфері техногенної та природної безпеки»	113
В.О. Тищенко Аналіз ризику – найважливіша складова управління безпекою	118
В.Б. Беликов Концепция индивидуальных программ экологической профилактики, адаптации и реабилитации в условиях техногенных и экологических рисков	122
О.А. Подскальна Приєднання України до механізму цивільного захисту європейського союзу – один із шляхів подальшого вирішення проблем запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та захисту об'єктів критичної інфраструктури	127

А.М. Лагоднюк, В.М. Корбутяк, Д.В. Стефанишин Ідентифікація коефіцієнта шорсткості річкових заплав за даними дистанційного зондування для підтримки математичного моделювання повеней на ріках	134
Д.В. Стефанишин Про удосконалення діагностичних моделей регресійного типу для прогнозування поведінки гребель, обладнаних автоматизованими системами моніторингу	135
В.А. Лахно, А.М. Терещук, Т.А. Петренко Адаптивныя системы распознавания кибератак на критически важные компьютерные системы	136
О.В. Євтушенко, А.О. Сірик, П.В. Породько, Т.О. Потапова Удосконалення методу аналізу ризиків виробничого травматизму	142
Н.Ю. Швагер, Д.П. Заїкіна Ідентифікація та управління ризиками на промислових підприємствах, як один із методів поліпшення результатів діяльності	150
О.С. Дацько, Н.М. Параняк, А.С. Романів Майбутнє дисципліни «цивільний захист» після проведення реформи освіти на прикладі національного університету «Львівська політехніка»	156
М.В. Домнічев, О.В. Нестеренко Вибухонебезпечні предмети сучасності, особливості навчання населення	162
О.М. Башкатов Острова тепла у місті, як фактор виникнення зон екологічного ризику	173
А.Ф. Никулин, А.И. Лысенко, С.Н. Чумаченко, Е.Н. Тачинина Новая интерпретация функционала обобщенной работы в задачах оптимального управления малогабаритными БПЛА	181
Н.А. Дубровина, В.В. Бойко, П.Н. Замятин, А.М. Гуров, С. Филип, Д.П. Замятин Моделирование и анализ уровня рисков травматизма и смертности в результате ДТП	187
В.В. Бєгун, В.Ф. Гречанінов, В.П. Клименко, П.П. Кропотов Галузеве керівництво з розробки та реалізації політики управління ризиками	195
А.О. Тропіна, В.В. Малишев Особливості викладання дисципліни «основи охорони праці» для інженерних спеціальностей	201
Ю.Л. Фещук Методичні підходи щодо визначення місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів	207
Т.П. Поведа, В.В. Мендерецький Надзвичайні ситуації нашого часу: актуальні питання на заняттях з безпеки життєдіяльності у ВНЗ	210
В.В. Мохор, В.В. Цуркан, Я.Ю. Дорогий, О.М. Крук Функціональна модель системи керування ризиком безпеки інформації	216
А.Ю. Цина, А.А. Ткаченко Визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки	222
В.В. Ковалишин, Я.Б. Кирилів, О.В. Грушовінчук Обґрунтування параметрів генераторів піни ежекційного типу підвищеної вогнегасної ефективності	231
С.О. Андрєєв Визначення стратегічних пріоритетів державного управління в Україні: цивільна оборона або захист критичної інфраструктури?	241

С.В. Щербіна, О.І. Бріцький, В.А. Ільєнко, І.Д. Белов, В.В. Остапенко, Ю.В. Лісовий, О.А. Цубін, О.П. Дєдов, П.Г. Пігулевський, О.О. Чалий, О.С. Кирилук	
Дослідження провальних явищ в історичній частині Києва на території національного заповідника «Софія Київська»	251
В.М. Чернета	
Дослідження критичної інфраструктури та допустимих значень пожежних ризиків об'єктів України	258
О.А. Крюковська, В.О. Галаганов	
Аналіз техногенних небезпек, пов'язаних з діяльністю промислових підприємств	264
О.І. Лисенко, С.В. Валуйський, С.М. Чумаченко	
Застосування літаючих дронів у безпроводових сенсорних мережах екологічного моніторингу	269
Н.М. Бендасюк, А.И. Лысенко	
Методы проектирования наноспутников для мониторинга чрезвычайных ситуаций	273
A. Gusynin, O. Tachinina, I. Chekanova, O. Lysenko, I. Alekseeva, S. Chumachenko.	
The system of injection of subminiature satellites (nanosatellites) to near-Earth orbit on the basis of an-124-100 and an-225 airplane	278
С.В. Валуйський, О.В. Дакаєв	
Інтелектуальна парковка	293
А.И. Лысенко, С.В. Кашуба	
Применение спутниковых технологий в беспроводных сенсорных сетях	300
О.І. Лисенко, О.М. Тачиніна	
Математичне моделювання руху мобільного сенсора на базі квадрокоптера	306
О.І. Лисенко, О.О. Великий, О.С. Кутельова	
Безпроводові сенсорні мережі екологічного моніторингу побудовані на радіогідроакустичних буях	314
Б.В. Трач, О.І. Лисенко	
Застосування протоколу Bidirectional Forwarding Detection для підвищення надійності безпроводових сенсорних мереж екологічного моніторингу	324
І.В. Уряднікова, С.М. Чумаченко, С.В. Кармазін, О.М. Тесленко	
Застосування експертно-аналітичних методів для оцінювання ризиків надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури	330
Т.О. Прищепа, Т.О. Ханіна	
Сенсорні мережі із літаючим вузлом	341
С.В. Валуйський, В.О. Шилов	
Протоколи мережевого рівня для безпроводових сенсорних мереж моніторингу техногенних об'єктів	349
Н.М. Бендасюк, Н.Ю. Кравчук	
Агрегування даних мультисенсора наносупутникової платформи	355
В.І. Новіков, В.А. Воловик	
Транспортування повільного трафіку в сенсорній мережі з самоорганізацією	363
І.В. Алексєєва, А.О. Заруцька	
Синхронізація у безпроводових сенсорних мережах з використанням швидких і повільних локальних годинників	368
О.І. Лисенко, С.В. Кашуба	
Методи множинного доступу у супутникових каналах сенсорних мереж	375
В.М. Петрова, О.В. Куриленко	
Розвиток інтернету речей	382

А.И. Лысенко, И.В. Чеканова, Е.Н. Тачинина Траектория выведения группы мониторинговых наноспутников	388
Е.Н. Тачинина Условия оптимальности траектории движения группы дронов с мультисенсорами на борту с возможным перенацеливанием	395
Є.В. Гаврилко, О.В. Барабаш Аналіз та управління ризиками застосування формувань під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру	402
М.Yu. Grytsiuk Complex estimation of strategic tourism development options in carpathian region	407
О.О. Попов, В.О. Ковач, А.В. Яцишин, Є.Б. Краснов, М.В. Малков Розробка інформаційно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водного середовища	415
С.М. Малащенко, О.О. Смиловенко Выбор рациональных параметров тушения резервуаров подслоинным способом	425
В.В. Кобяк Прогнозирование абразионных риск-процессов на водохранилищах Республики Беларусь	430
А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.В. Кобяк Обоснование характеристик средства молниезащиты с разработкой технических решений и рекомендаций по снижению влияния грозových проявлений на здания	436
В.О. Балицька Дослідження радіаційного впливу на матеріали для моніторингу аварійних і екстремальних ситуацій	444
С.О. Ємельяненко, А.І. Івануса Оцінювання пожежних ризиків будівель і споруд громадського призначення	450
И.Ю. Чернявский Радиологические аспекты пространственного распределения поглощённой дозы импульсного гамма-нейтронного излучения военного характера	456
В.О. Маховський, О.А. Крюковська Техногенні та екологічні ризики під час експлуатації автозаправних станцій	464
А.Я. Регуш, В.І. Желяк Рекомендації для гідравлічного розрахунку автоматичних систем водяного пожежогасіння	479
В.М. Стасюк Зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій у комунальному водопостачанні як об'єкті критичної інфраструктури в умовах урізноманітнення форм господарювання	484
О.В. Пуляк, С.М. Богомаз-Назарова Професійна підготовка майбутніх учителів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій	487
Ю.С. Туровець Моделювання воєнно-техногенних впливів застосування ОБТ на структуру ґрунту та процес розповсюдження у ньому забруднення з урахуванням територій розташування об'єктів критичної інфраструктури	492
В.А. Дмитрієв, О.О. Бардін Аналіз можливостей терористичної атаки БПЛА-камікадзе на типову нафтобазу	501
В.М. Безштанько, В.В. Мохор Метод визначення граничних ризиків безпеки інформаційних ресурсів на об'єкті критичної інфраструктури	507

С.М. Чумаченко, С.В. Хоперський, С.О. Пономаренко Комплексна технологія ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС	516
В.В. Бегун, В.Ф. Гречанинов Технічні питання реалізації процедур оцінки і управління ризиками	517
А.А. Бардин Технологический комплекс по управлению защитными свойствами озонового слоя планеты Земля	523
М.В. Возник Правові аспекти легалізації вогнепальної зброї в Україні	531
С.І. Чоланюк Ризики самореалізації жіночої ідентичності в умовах військового колективу	533
В.М. Баланюк, Н.М. Козяр, О.І. Гарасим'юк Обґрунтування вибору компонентів тернарних вогнегасних сумішей, для протипожежного захисту об'єктів з наявністю високотемпературних джерел запалювання	536
С.В. Жартовський Проблемні питання створення системи захисту об'єкта критичної інфраструктури від надзвичайних ситуацій, обумовлених загораннями та пожежами	542
Д.Г. Бобро Методологія оцінки рівня критичності об'єктів інфраструктури	547
S. Ivanyuta The importance of implementation of disaster risk reduction approach in Ukraine	556
С.П. Іванюта Зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій різного походження на території АТО	564
R. Kazanský, M. Melková Cyberterrorism and cyberwar as new threats to the security of the state	570
M. Martinská Sociálna podpora rodín vojenského profesionála – možnosti harmonizácie práce a rodiny	577
В.М. Заплатинський, W. Gajda Перспективи освіти з питань безпеки у вищих навчальних закладах України пов'язані з розробкою нових стандартів вищої освіти	590
І.В. Уряднікова, В.Г. Лебедєв, С.М. Чумаченко, С.В. Кармазін, О.М. Тесленко, В.А. Шойко Використання логіко-імовірностних моделей для дослідження нештатних ситуацій теплоенергетичних систем критичної інфраструктури	603
С.В. Мацера, Е.О. Брень Система моніторингу параметрів навколишнього середовища та відеоспостереження в зоні надзвичайних ситуацій на базі гібридних безпілотних літальних апаратів	618
С.М. Чумаченко, В.В. Троцько Підхід до оцінки ризику виникнення пожеж на торфовищах Київської області і вироблення шляхів його зниження з використанням методу аналітичних мереж	621
О.П. Кутовий, Б.А. Вороч Щодо створення та застосування автоматизованої системи управління і контролю (АСУК) надзвичайними ситуаціями (подальший розвиток ПС ДСНС)	629

SAFETY EDUCATION IN THE CZECH REPUBLIC

JUDr. Vladislav Štefka

Abstrakt: *Praktické zkušenosti se vzděláváním pracovníků bezpečnostních služeb v České republice přináší mnohá úskalí s jeho realizací. Systém je nastaven velmi složitě, praktické provádění je vysoce formální a neodpovídá potřebám praxe.*

Klíčové slová: *vzdělávání, praktické zkušenosti*

Abstract : *Practical experience with training security staff in the Czech Republic brings many difficulties with his realisation. System is set very complicated, the practical implementation of the slice of formal and does not meet the needs of the practice.*

Keywords: *education, practical experience*

Introduction

In the Czech Republic the status of employees of SBS is not regulated by law. For this reason all obligations towards the police forces based on the individual codes of ethics agencies or associations of SBS. These statutes are binding on members, but this is not a valid legislation, therefore any breach of duties does not necessarily lead to severe penalties. The position of the Czech worker SBS is by no means indistinguishable from that of an ordinary citizen.

Regarding the comparison of the obligations of the Czech and Slovak employees of private security firms against police officers they are the same, since it is mainly preventive activities - informative activities, arrest people and to await the arrival of police and co-operation in action. But a significant difference is the actual control of these activities, as opposed to Slovak counterpart in the Czech Republic these duties does not follow the rules. It follows that if there is no idle Czech SBS employees such sanctions as Slovak colleagues. Since it can again derive greater emphasis on the part of Slovakia in cooperation between police and members of staff employed in the commercial security sector.

1st .Private Security in the Czech Republic.

For more strands managed to obtain information about the gradual replacement of police officers SBS employees in small Czech towns, due to a lower financial costs, as compared to the municipal police. In connection with the Czech Republic can talk about the beginning substitution.

.This Proves that the relevant legislation SBS does not guarantee effective action if public authorities unwarranted puts into position a competitor striving to achieve the public good rather than for financial gain. Application of the theoretical model of global security installation even in this part plays a crucial role allegations about the privatization of security that happen outside the structure of the state.

Briefly, we can repeat the argument mentioned above, the Czech Republic has its own inaction in the field of legal regulation and the absence of the rightful definition of privacy and public security sector contributes to the weakening of their positions. Further weakening is due to interference of smaller police stations in the municipalities for financial reasons. This meeting plays in favor of SBS, which represent a cheaper alternative and thus their role in the field of providing security is rising despite the fact that their powers are very small.

Although the privatization of security bears the signs of the delegation organized by the formerly state functions to private actors behavior Slovak municipal police working for financial gain is redefining the relationship of the private and the private sector. Their actions to the local police building in the position of private security reinsurers providing security services for financial gain, although a higher authority empowered not only to act, but also oversight. Paradoxically rising position SBS as their material power grows increasing accumulation of capital, which is caused by lower prices, than the municipal police

However declaratory result is a considerably higher number of employees of SBS in the country. This claim was substantiated by expressing the ratio of workers SBS to the citizens in the Czech Republic and Slovakia. This was confirmed by a statement on exceeding the amount of Czech employees of SBS Slovak counterparts. The above findings can define the nature of the private security market in both countries. In the Czech Republic SBS market is growing extensively, meaning the number of employees and the Slovak market is growing in number - in terms of the number of individual SBS. This statement verifies finding that the Czech Republic are the operators of SBS mainly self-employed, and vice versa in the Slovak Republic is a legal entity.

2. Training of employees

An interesting finding is that the planned Czech legislation SBS stem the persistent lower requirements for education employees of SBS by almost one full degree of education. The final subchapter legal regulation has been the dismantling of government control and supervision of the SBS. In this case, it was possible to record considerable ambivalence, as the Czech While SBS is not subject to control by the authorities, but it is clear that this control is not necessary.

The existing treatment education is subordinated to the Ministry of Interior, which sets out the requirements for each position and

The national system of qualifications for the licensed trade

1. 2. Training of employees

An interesting finding is that the planned Czech legislation SBS stem the persistent lower requirements for education employees of SBS by almost one full degree of education. The final subchapter legal regulation has been the dismantling of government control and supervision of the SBS. In this case, it was possible to record considerable ambivalence, as the Czech While SBS is not subject to control by the authorities, but it is clear that this control is not necessary.

The existing treatment education is subordinated to the Ministry of Interior, which sets out the requirements for each position and

The national system of qualifications for the licensed trade

1. Security persons and property, and

2. Service of private detectives

established qualifying standards with effect from 19 June 2009 as follows:

Guardian ad 1. (code 68-008-E)

where the competence envisages training of at least 20 hours apart, and followed by an examination before a three-member expert commission composed of authorized persons.

Training content is mainly:

- Implementation of protection and security of persons and property
- Manipulating technical security systems
- Applying the principles of cooperation with the integrated rescue system, particularly the Police and defined parties
- Legal bases applying security activities
- Checking people and vehicles at gates and gates

- Control activities of guarded objects
- Surveillance of buildings and public spaces
- Carrying out simple actions to secure and restore security and reduce losses to property and people's health
- The use of physical security funds
- Keeping records of surveillance, inspections and services provided

From the evaluation standard, then it follows progress in the implementation of self-examination, which is composed by individual points of a written, oral and practical. persons and property, and

2. Service of private detectives

established qualifying standards with effect from 19 June 2009 as follows:

Detective Trainee (Code M-68-009)

where to obtain a professional qualification training is expected to at least 20 the hours, followed by an examination before a three-member expert committee of authorized persons.

Training content is mainly:

- Orientation in the basic legal norms and provisions with emphasis on safety legal issues and privacy
- Readiness to apply the basic forms and methods of private detective work and their practical implementation
- Control of operating principles of basic resources and tools private detective Business
- Documenting and evaluating information, their registration and preparation for handover Client
- Readiness to use informatics.

From the evaluation standard, then it shows the extent of the requirements and evaluation criteria in the form written, oral and practical examination.

In both of the above-mentioned tests conducted written exam, which takes the form of test questions are randomly generated from a set of questions, which is an examination board available on a data carrier. Test results validate the test board, as well as oral and practical exam, which is designed to address particular situations.

The resulting evaluation carried out by the Examination Board, which assesses the fulfillment of the professional competence and conduct and outcome of the tests and entered in the record during the test.

Applicants who pass the exam, the authorized person shall issue a certificate of professional qualifications, among other things, must include the registration certificate number and the name of the appropriate scope of business activity for which the vocational qualification certificates issued.

In light of the above, it is difficult to understand how it is possible that the Czech Republic, a country with a high turnover of the private security industry, the high number of SBS, a considerable number of people working in the field of commercial security, regulate the activities of SBS. Although consciously become involved in their own weakening and vice versa strengthening the position of the actor, whose activities could be regulated, but this should not be, because this is a very sensitive area of security citizen. This behavior State may participate in the threats to security and public order in the country, because it does not monitor the level and quality of provided services and does not define the relationship with the organs of executive power.

Conclusion

Above all, the definition of public and private security, which is constantly neglected by central government authorities. Supreme executive authorities are subject to the impression that everything should be monitored, supervised and monitored, but mainly concentrate power in the hands of powerful components.

Such status brings uncertainty just in security operations, which is reflected in the draft law on SBS, which is currently being discussed in the Parliament of the Czech Republic. Briefly, it can define this proposal so that it does not bring any news on SBS permission for workers, but on the other hand, increases the penalties requested additional payments for the licensing of individual services, and does not address the fundamental needs of private security.

Literature:

1. Samal, P. et al. Penal Code § I. 1 to 139. Comment. 2nd edition. Prague: C. H. Beck, 2012th
2. WAGNEROVÁ E. In WAGNEROVÁ, E. ŠIMÍČEK, V., Langášek, T. et al. Charter of Fundamental Rights and Freedoms. Comment. Prague: Wolters Kluwer CR, a. S., In 2012
3. Draft Law on private security activity, private security services and amending related laws from 2011.
4. KAMENÍK, J. et al. Commercial security. Private security activities of detective agencies and security agencies. Praha: ASPI, a. S. 2007

ŠTEFKA, Vladislav, JUDr., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Nad Stráněmi 4511, Zlín, PSČ: 760 05, Česká republika, stefka@fai.utb.cz

УДК 504.064.3

Ю.Ю. Гончаренко
к.т.н, доцент, кафедра інформаційної безпеки,
Севастопольський національний університет
ядерної енергії та промисловості

М.М. Дівізінюк
д.ф-м.н, професор, заступник директора,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

О.В. Фаррахов
науковий співробітник,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

О.М. Фурсенко
к.т.н., докторант,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НИЗЬКО АКТИВНИХ ІЗОТОПІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Анотація.** В роботі розглядаються специфічні вимоги для розробки систем радіаційного моніторингу які призначені для виявлення низькоактивних ізотопів, що представляють замасковані ядерні і радіоактивні матеріали, які не санкціоновано переміщуються через пункти пропуску підприємств і кордон держави.*

***Ключові слова:** система моніторингу, радіоактивність, ядерний тероризм, надзвичайна ситуація, дозиметр.*

Ю.Ю. Гончаренко
к.т.н., доцент, кафедра информационной безопасности,
Севастопольский национальный университет
ядерной энергии и промышленности

М.М. Дивизинюк
д.ф-м.н, профессор, заместитель директора,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»

О.В. Фаррахов
научный сотрудник,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»

О.М. Фурсенко
к.т.н., докторант,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НИЗКОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация. В работе рассматриваются специфические требования для разработки систем радиационного мониторинга предназначенных для выявления низкоактивных изотопов представляющих замаскированные ядерные и радиоактивные материалы, несанкционированно перемещаемые через пункты пропуска предприятий и государственную границу.

Ключевые слова: система мониторинга, радиоактивность, ядерный терроризм, чрезвычайная ситуация, дозиметр.

Yu. Goncharenko

Ph.D., associate professor, department of information security,
Sevtopol National University of Nuclear Energy and Industry

M. Diviziniuk

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor, Deputy Director,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

O. Farrakhov

research worker,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

O. Fursenko

Ph.D., doctoral,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

MONITORING SYSTEMS FOR LOW-LEVEL RADIOACTIVE ISOTOPES IDENTIFYING AS A MEANS OF EMERGENCIES PREVENTING

Abstract. The paper deals with specific requirements for the development of radioactive monitoring systems pointed at the detection of low-level radioactive isotopes. These isotopes are for the masking of nuclear and radioactive materials, illegally transferred through checkpoints of the enterprises and the state border.

Keywords: system monitoring, radioactivity, nuclear terrorism, state of emergency, the dosimeter.

Вступ. Запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру було, є та у осяжному майбутньому будуть залишатись актуальною науково-практичною задачею, яка стоїть перед всіма державами світу [1]. Однією з найбільш небезпечних форм тероризму – це ядерний тероризм, який проявляється у застосуванні або у загрозі застосування ядерних матеріалів і радіоактивних речовин у вигляді брудних бомб, радіоактивного забруднення громадських місць і дільниць масового скупчення населення, а також в інших формах [2,3]. Україна у цьому відношенні є унікальним місцем для розкрадання ядерних та радіоактивних матеріалів. Крім діючих ядерних реакторів на території України знаходяться закрита Чорнобильська АЕС, радіоактивні відвали Східного гірничозбагачувального комбінату та ін.

[4]. Ця потенційна небезпека потребує створення спеціалізованих засобів контролю – систем радіоактивного моніторингу, які є превентивним засобом запобігання надзвичайних ситуацій терористичного характеру з використанням ядерних та радіоактивних матеріалів.

Для розробки цих систем є теоретичні [7] і практичні [8] напрацювання.

Постановка мета і завдання наукового дослідження. Метою даної роботи є розробка специфічних особливостей при розробці систем моніторингу виявлення низькоактивних ізотопів, які використовуються на контрольно-перепускних пунктах підприємств і в пунктах пропуску через кордон в інтересах запобігання надзвичайних ситуацій терористичного характеру.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд завдань. Перша – проаналізувати існуючі системи радіаційного моніторингу ядерних і радіоактивних матеріалів. Друга – сформулювати вимоги до систем моніторингу нового покоління. Третя – визначити специфіку виявлення низько активних матеріалів.

Сучасний стан систем контролю об’єктів з ядерними та радіаційними матеріалами. Порівняння технічних характеристик світових систем моніторингу. В рамках виконання Програми «Друга лінія оборони» - протидії незаконному зверненню радіоактивних матеріалів і ядерної контрабанди, яка є органічним доповненням Програми «Перша лінія оборони» для виявлення можливої ядерної контрабанди були встановлені порталні радіаційні монітори в аеропортах, морських портах і транспортних магістралях в більш ніж 25 країнах - Росії, Грузії, Киргизстані, Вірменії, Туреччині, Казахстані, в центральній і південній Азії та ін.

З врахуванням специфіки транспортних потоків, географічних особливостей і інших конкретних умов, властивих будь-якій країні, державними організаціями США розробляється нова концепція багатобар’єрного захисту - система «Глобального ядерного виявлення». В рамках нової стратегії Програма «Друга лінія оборони» доповнюється іншими ініціативними державними програмами США - «Безпека контейнерних перевезень», «Контроль Мегпортов» та ін.

З відповідних рекомендацій Міжнародного агентства з ядерної енергії (МАГАТЕ) випливає, що проведення радіаційного контролю, як правило, здійснюється в конкретних (детермінованих) умовах, фіксованій геометрії виміру, можливістю багатократного повторення процедури виміру. Обмеження, що накладаються на точність і достовірність виміру, час і умови виміру, час аналізу радіоактивного випромінювання визначають необхідні технічні характеристики вимірювальної апаратури. Стаціонарні порталні радіаційні монітори (СПРМ), що випускаються на даний момент мають порівняльні технічні характеристики, представлені в таблицях 1, 2.

Таблиця 1 - Технічні характеристики порталних моніторів країн Співдружності незалежних держав

Тип пристрою, фірма-виробник	Випромін., що реєструється	Діапазон енергії, кеВ	Чутлив.	Час вим., с	Частота помил. спрац.
СМГИ-3,01 НДПТ Росія	гамма	0,15 -0,21	(3Г ²³⁵ U)	0,5	1/1000
СМГИ-3,03 НДПТ Росія	гамма	0,15 -0,21	(3Г ²³⁵ U)	0,5	1/1000
ППМ-КИ-01S «Курчатовский институт» Росія	гамма	0,03 -3,0	(10Г ²³⁵ U 0,3Г ²³⁹ Pu)	0,6	1/3000

PM-5000, СП «Полимастер» Республіка Білорусь	гамма	-	(10Г ²³⁵ U 0,3Г ²³⁹ Pu)	0,6	Не виключена
КПРМ-П1 ВНДИЕФ, Росія	гамма	-	(10Г ²³⁵ U 0,3Г ²³⁹ Pu)	(1-10)	1/1000

Таблиця 2 - Технічні характеристики порталних моніторів закордонного виробництва

Тип пристрою, фірма-виробник	Випромін., що реєструється	Діапазон енергії, кеВ	Чутлив.	Час вим., с	Частота помил. спрац.
PM-6, Eberlinene	бета, гамма	-	50 нКи, 14 нКи	0,4, 5	-
PM-7, Eberlinene	гамма	-	100 нКи (⁶⁰ Co)	0,4	-
PPM-1, Eberlinene	гамма	-	200 нКи (¹³⁷ Cs)	до 10	-
TRM-903 , TSA Systems, USA	гамма	0,6-2,0	1 мкКи (¹³⁷ Cs)	<1	-
PM-700, PM-700HS, NSA Systems, USA	гамма	0.04-2.0	(10 Г ²³⁵ U, 0.3 Г ²³⁹ Pu)	0.5	1/1000
PM-701, TSA Systems, USA	гамма	0.04-2.0	(10Г ²³⁵ U, 0.3Г ²³⁹ Pu)	0.5	1/1000
SPM-904, TSA Systems, USA	гамма	-	(10 Г ²³⁵ U, 0,3 Г ²³⁹ Pu)	0,75, 10	1/1000
JPM-21, JPM-22, JPM-41, Canberra, Nuclear, USA	гамма, нейтрони	-	(10 Г ²³⁵ U, 0.3 Г ²³⁹ Pu)	0.5	1/4000
JPM-21AA, Canberra, Nuclear, USA	гамма	-	(10Г ²³⁵ U, 0.3Г ²³⁹ Pu)	0.5	1/2100
НТМ 950, Pribori OY, Фінляндія	гамма	-	(10 Г ²³⁵ U, 0.3 Г ²³⁹ Pu)	0.5	1/200
КЕВ 950bc, Pribori OY, Фінляндія	гамма	-	(6 Г ²³⁵ U)	0.5	1/1000

В разі перевищення порогового рівня випромінювання, при проведенні радіаційного контролю СПРМ, за допомогою портативних приладів, дозиметрів-радіометрів визначають локалізацію і проводять ідентифікацію ядерних матеріалів на основі вимірюного спектру. Рекомендовані параметри, які повинні мати апарати для локалізації і ідентифікації джерел, приведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Критерії МАГАТЕ для портативних дозиметрів

Функція	Технічні характеристики
Гамма чутливість	Підвищення потужності дози на 0.2 [Sv/h (¹³⁷ Cs)] за 3 с. при значенні фону 0.2 [Sv/h викликає спрацьовування сигналу тривоги в діапазоні енергій 0.06-1.5 MeV
Нейтронна чутливість	ITRAP контрольне джерело (²⁵² Cf) експоноване на відстані 25см протягом 10с. викликає спрацьовування сигналу тривоги
Індикація потужності дози	±30 % точність відгуку при використанні джерела ¹³⁷ Cs при верхніх і нижніх значеннях діапазону
Вірогідність виявлення	≥90%; ≤100 помилок в 10000 випробувань з використанням джерела ¹³⁷ Cs при певному порозі чутливості
Відсоток помилкових спрацьовувань	≤1 помилкових спрацьовувань в хвилину при 0.2 [Sv/h (¹³⁷ Cs)] при визначаному порозі спрацьовування
Розпізнавання ізотопів	Бажано, але не обов'язково
Інтервал температур	От -15 до +45 °C при використанні відомого джерела спрацьовує при екстремальних температурах
Діапазон вологості	0>95 % RH; спрацьовує при використанні джерела ¹³⁷ Cs при >95 % RH за 30 хв.
Час роботи від батарей	>12 годин без включення сигналу тривоги >3 годин в разі спрацьовування сигналу тривоги

Аналіз випромінювання з використанням сучасних переносних приладів може займати досить тривалий час (години) і мати значну помилку виміру. У пошуковому режимі прилади сигналізують про перевищення сумарної швидкості підрахунку над фоновими значеннями.

Таким чином апаратна база вітчизняного і закордонного виробництва технічно недосконала при детектуванні радіоактивних матеріалів з близькофоновими значенням інтенсивності випромінювання.

Вимоги до систем контролю нового покоління. Як показує аналіз світового досвіду, вирішення проблеми контролю об'єктів з ядерними та радіаційними матеріалами вимагає створення багатобар'єрної системи радіаційного моніторингу. Використовуючи підходи загальної теорії моніторингу, доцільна диференціація відповідних систем на об'єктові, регіональні і глобальні. Принципи, що закладаються в основу створення таких систем, повинні носити універсальний характер і бути застосовними для запобігання неконтрольованому переміщенню будь-яких джерел іонізуючого випромінювання, зокрема штучного, аварійного і природного походження. Ці ж принципи повинні забезпечувати критерії, яким, у свою чергу, повинні відповідати характеристикам технічних засобів, що застосовуються для радіаційного контролю.

Для досягнення поставленої мети найбільш оптимальним і придатним з точки зору ефективності, інформаційної достатності, оперативності, надійності функціонування, гнучкості і живучості є застосування ідеології побудови розподіленої системи відкритої архітектури на основі адаптивних інтегрованих систем радіаційного моніторингу. Серед основних вимог, яким повинна відповідати система, виділяються адаптивність і інтегрованість як сукупність технічних і організаційних заходів, які дозволяють оперативно змінювати організацію проведення моніторингу і режими роботи її складових, а з найбільш важливих критеріїв необхідно задовольняти наступним: інформаційна достовірність і достатність, що визначається кількістю і якістю вимірюваних системою параметрів. Достовірність впливає на такий важливий параметр, як цінність інформації і можливість досягнення мети, тобто безпосередньо пов'язана з ефективністю системи і правильністю статистичних висновків. У разі безперервного, періодичного або кризового (аварійного) радіаційного моніторингу до інформаційного забезпечення, направлено на виявлення несанкціонованого переміщення

радіаційних матеріалів, а також визначення ступеня радіоактивного забруднення навколишнього середовища і населення, у разі проведення радіологічного терористичного акту, пред'являються особливо жорсткі вимоги щодо правильності оцінки радіаційної обстановки. Система повинна вимірювати мінімальну кількість параметрів, характерних ознак процесу, що аналізується, яка забезпечує достатню кількість інформації для подальшого аналізу і обробки даних про радіаційні поля, мати вбудовані алгоритми для компенсації інструментальних, методичних і початкових погрешностей. Для підвищення достовірності результатів оцінки радіаційної обстановки на всіх етапах проведення заходів щодо виявлення, локалізації, ідентифікації і вимірювання радіаційних матеріалів та ДІВ необхідно застосовувати методи, засновані на концепції оптимального використання експериментальних даних, гібридного моніторингу і вибору оптимальних моделей.

Адаптивність, що визначається як вибір певної структури на основі прийнятних техніко-економічних критеріїв оптимальності з метою компенсації інформативної апріорної невизначеності, що виникає при аналізі радіаційних полів в складних умовах, що змінюються. Реальні умови застосування системи повинні передбачати їх експлуатацію в різних невизначених умовах, істотної зміни динамічних характеристик як об'єкту, що аналізується, так і середовища. Це допускає використання в автоматизованій системі контролю регульованих алгоритмів функціонування всієї системи і її складових на різних рівнях (програмно-керований детектуючий модуль, система верхнього рівня аналізу, обробки і представлення інформації).

Оперативність, що визначається як максимально висока швидкість реагування системи на аномальні значення радіаційної обстановки, швидкість передачі інформації, час отримання кінцевого результату вимірювання, час автоматичного переходу в різні режими функціонування. Інтегрованість, що визначається як можливість інтеграції в різні інформаційно-вимірювальні системи стеження.

Система повинна забезпечувати синтез оптимальних, алгоритмів виявлення, вимірювання, аналізу і обробки даних про динаміку зміни радіаційних полів. Синтезовані алгоритми повинні забезпечувати якнайкращу якість вимірювання і обробки сигналів з детектора випромінювання при будь-яких фактичних значеннях параметрів сигнально-запобіжного стану, володіти стійкістю до їх змін, автоматично підстроювати технічні системи, в яких вони реалізовані, для отримання максимальної ефективності.

Рішення цих задач можливе за допомогою дистанційних засобів радіаційного контролю: забезпечення оперативного радіаційного контролю транспортних засобів (автомобілі, поїзди, контейнери і т. д.); забезпечення оперативної перевірки людського потоку в динамічному і стаціонарному режимі; забезпечення оперативного радіаційного контролю вибраних стаціонарних об'єктів, будівель, приміщень, місць загального користування; забезпечення безперервного скритного радіаційного контролю і стеження в певних місцях, які мають ознаки погроз у всіх середовищах (на суші, воді або в повітрі) і можуть бути використані при організації або проведенні терористичних актів.

Складові автоматизованої системи контролю повинні вести спостереження за територією і об'єктами в жорстких кліматичних, несприятливих і замаскованих умовах, в умовах дії інтенсивних перешкод, експлуатуватися достатньо тривалий термін без обслуговування.

Принципи побудови системи дозволяють проводити організаційне і структурне її удосконалення залежно від зміни погроз, завдань і умов діяльності, без порушень умов функціонування всієї системи.

Таким чином на системи моніторингу накладаються наступні вимоги: пошук і виявлення радіаційних матеріалів повинне здійснюватися в режимі реального часу в будь-яких несприятливих умовах з високою вірогідністю, мінімальним часом спостереження об'єктів, як правило при одноразовому режимі спостереження, а також при можливому транспортуванні радіаційних матеріалів з великою швидкістю; ідентифікація типу радіаційних матеріалів в невизначених умовах на нерухомих і рухомих, точкових і протяжних, замаскованих об'єктах

тіньовим захистом, або дозволеними до використання радіаційних матеріалами і ДІВ; оперативна оцінка і визначення активності радіаційних матеріалів об'єктів, транспортних засобів і т. д. за невизначених умов, обмеженому часі спостереження.

Специфіка виявлення низькоактивних матеріалів. Низька ефективність застосування стандартних технічних засобів та методів контролю радіаційного стану, збирання та обробки даних, потребує нового підходу до вирішення проблеми радіаційного контролю за допомогою сучасної «інтелектуальної» апаратури. При цьому на технічні засоби та методологію проведення радіаційного контролю накладаються специфічні вимоги, обумовлені в першу чергу можливістю виявлення замаскованих радіоактивних матеріалів (екранування поглинає випромінювання речовиною), так і замаскованих під звичайні будівельні матеріали або калійні добрива з підвищеним фоном. Проблема ускладнюється необхідністю проведення в режимі реального часу контролю швидко переміщаються вантажів на транспортних магістралях, радіоактивних речовин з невідомим радіонуклідним складом в різних умовах для запобігання несанкціонованого поводження з радіоактивними матеріалами.

Сутність методу детектування низькоактивних речовин зводиться до усереднення обмеженої кількості реалізацій ширококутового спектра, що детектується за достатньо короткий проміжок часу. В деяких випадках цей проміжок часу призначають таким чином, щоб подія детектування (випромінювання та його обробка) відбувається у реальному масштабі часу. Ширококутовий спектр розбивається на вузькі смуги та усереднюється за кінцевим числом реалізацій які відбуваються у цих вузьких смугах. Коливання інтенсивності спектру за енергією відбувається хаотичним чином і навіть кінцеве її усереднення залишається приблизно на одному і тому ж рівні, що характерно для кожної вузької смуги.

Низькоактивне джерело, як будь-яке інше джерело випромінювання, має характерний індивідуальний екстремум, який за своїм значенням нижче, а іноді і набагато нижче з фон вимірювання. Але при кожній реалізації в стахостичному вимірюванні на одному і тому ж значенні енергії буде додаватись постійна складова, яка буде виділятися при усередненні отриманих результатів.

Таким чином, фізична модель виділення низькоактивних джерел складається з вузькокутового стробування ширококутового спектру, що детектується, та усереднення кінцевого числа реалізацій які були виміряні, та виділеній систематичній складовій від низькоактивного джерела зі стахостичних флуктуацій фону.

Висновки. Апаратна база вітчизняного і закордонного виробництва технічно недосконала при детектуванні радіоактивних матеріалів з близькофоновими значенням інтенсивності випромінювання.

На системи моніторингу накладаються наступні вимоги: пошук і виявлення радіаційних матеріалів повинне здійснюватися в режимі реального часу в будь-яких несприятливих умовах з високою вірогідністю, мінімальним часом спостереження об'єктів, як правило при одноразовому режимі спостереження, а також при можливому транспортуванні радіаційних матеріалів з великою швидкістю; ідентифікація типу радіаційних матеріалів в невизначених умовах на нерухомих і рухомих, точкових і протяжних, замаскованих об'єктах тіньовим захистом, або дозволеними до використання радіаційними матеріалами і ДІВ; оперативна оцінка і визначення активності радіаційних матеріалів об'єктів, транспортних засобів і т. д. за невизначених умов, обмеженому часі спостереження

Запропонована фізична модель виділення низькоактивних джерел іонізуючого випромінювання складається з вузькокутового стробування ширококутового спектру, що детектується та усереднення кінцевого числа реалізацій які були виміряні та виділеній систематичної складовій від низькоактивного джерела зі стахостичних флуктуацій фону.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Laguer W. Reflection on Terrorism / Foreign Affairs Fall, 1986. - V.65. - №1. - P.86 – 101.

2. Wilkinson P. Political Terrorism. N.Y. John Willey & Sons. 1974. – 159p.
3. Ліпкон В.А. Боротьба з тероризмом / В.А. Ліпкон, Д.Й. Никифорчук, М.М. Руденко. – К.:Знання України, 2002. – 254с.
4. Крупка Ю.М. Відшкодування ядерної шкоди . Міжнародні і національні аспекти / Ю.М. Крупка. Монографія. – К.: Фенікс, 1999. – 200с.
5. Азаренко Е.В. Оценка эффективности управления чрезвычайной ситуацией / Е.В. Азаренко, Ю.В. Брословская, Ю.Ю. Гончаренко и др. // Сборник научных трудов СНУЯЭиП. – Вып. 2(38). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2011. – С.239 – 245.
6. Гончаренко Ю.Ю. Обоснование требований к системам поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций на рейдах морских портов / Ю.Ю. Гончаренко, Л.В. Третьякова, А.Н. Фурсенко и др. // Сборник научных трудов СНУЯЭиП. – Вып. 1(33). – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – С.215 – 218.
7. Гончаренко Ю.Ю. Математическая модель выявления низкоактивного ионизирующего гамма-излучения // Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, А.В. Фаррахов // Збірник наукових праць «Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України». – Харків:ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2014, - №4(17). – С.100 – 103.
8. Гончаренко Ю.Ю. Виявлення нестационарних джерел радіоактивного випромінювання шляхом застосування інформаційного методу / Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, Ю.Л. Забулонов та ін. // Науково-технічний журнал «Сучасний захист інформації». Київ: ДУІКТ, 2011, - №2. – С.100 – 106.

References:

1. Laguer W. Reflection on Terrorism / Foreign Affairs Fall, 1986. - V.65. - №1. - P.86 – 101.
2. Wilkinson P. Political Terrorism. N.Y. John Willey & Sons. 1974. – 159p.
3. Lipkon V.A. Borotba z terorizmom / V.A. Lipkon, D.Y. Nikiforchuk, M.M. Rudenko. – K.:Znannya Ukrayini, 2002. – 254s.
4. Krupka Yu.M. Vidshkoduvannya yadernoy shkodi . Myzhnarodni i natsionalni aspekti / Yu.M. Krupka. Monografiya. – K.: Feniks, 1999. – 200s.
5. Azarenko E.V. Otsenka effektivnosti upravleniya chrezvyichaynoy situatsiyey / E.V. Azarenko, Yu.V. Broslovskaiy, Yu.Yu. Goncharenko i dr. // Sbornik nauchnykh trudov SNUYaEiP. – Vyip. 2(38). – Sevastopol: SNUYaEiP, 2011. – S.239 – 245.
6. Goncharenko Yu.Yu. Obosnovanie trebovaniy k sistemam podderzhki prinyatiya resheniy po predotvrascheniyu chrezvyichaynykh situatsiy na reyдах morskikh portov / Yu.Yu. Goncharenko, L.V. Tretyakova, A.N. Fursenko i dr. // Sbornik nauchnykh trudov SNUYaEiP. – Vyip. 1(33). – Sevastopol: SNUYaEiP, 2010. – S.215 – 218.
7. Goncharenko Yu.Yu. Matematicheskaya model vyyavleniya nizkoaktivnogo ioniziruyushego gamma-izlucheniya // Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Divizinyuk, A.V. Farrahov // Zbirnik naukovih prats «Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України». – HarkIv:HUPS Im.. Ivana Kozheduba, 2014, - #4(17). – S.100 – 103.
8. Goncharenko Yu.Yu. Viyavlennya nestatsionarnih dzherel radioaktivnogo viprominyuvannya shlyahom zastosuvannya informatsiynogo metodu / Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Divizinyuk, Yu.L. Zabulonov ta in. // Naukovo-tehnichniy zhurnal «Suchasniy zahist informatsiyi». Kyiv: DUIKT, 2011, - #2. – S.100 – 106.

УДК 627.03:5408

Е.В. Азаренко
д.ф-м.н., профессор,
Морская государственная академия

О.В. Бляшенко
к.т.н., докторант,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»

М.М. Дивизинюк
д.ф-м.н, профессор, заместитель директора,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»

В.Е. Ковач
научный сотрудник,
ГУ «Институт геохимии окружающей
среды НАН Украины»

СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОРСКИХ ЗАХОРОНЕНИЙ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. *В работе рассматриваются основные критерии для построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих систем. На их основе предлагается четыре основных варианта построения. Первый точечный для одиночных бочек, крестообразный – для комплексных захоронений, третий – опоясывающий, для разбросанных захоронений, четвертый веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.*

Ключевые слова: *экологический мониторинг, система мониторинга, иприт, мелкодисперсионная примесь, морские захоронения.*

Е.В. Азаренко
д.ф-м.н., професор,
Морська державна академія

О.В. Бляшенко
к.т.н., докторант,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

М.М. Дивизинюк
д.ф-м.н, професор, заступник директора,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

В.Е. Ковач
науковий співробітник,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ МОРСЬКИХ ЗАХОРОНЕНЬ ОТРУЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Анотація. В роботі розглядаються основні критерії для побудови систем екологічного моніторингу морських захоронень бойових отруюючих систем. На їх основі пропонується чотири основних варіанти побудови. Перший - точковий для одиночних бочок, хрестоподібний - для комплексних поховань, третій - оперізуючий, для розкиданих поховань четвертий віяловий для районів, де домінують сильні постійні течії.

Ключові слова: екологічний моніторинг, система моніторингу, іприт, дрібнодисперсійна домішка, морські поховання.

E. Azarenko
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Maritime State Academy

V. Blyashenko
Ph.D., doctoral,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

M. Diviziniuk
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor, Deputy Director,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

V. Kovach
research worker,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

SUGGESTION ON CONSTRUCTION ECOLOGICAL MONITORING SYSTEMS OF MARINE BURIALS OF POISON SUBSTANCES

Annotation. In the paper are considered the basic criteria which are in need in the process of the construction of ecological monitoring systems of marine burial of poison substances. On their basis were offered four basic variants of their construction. First one is the point method for single barrels distinction, cruciform – for complex burials, third - surrounding, for sparse burials, fourth - windmill for districts, where permanent swashes prevail.

Keywords: ecological monitoring, monitoring system, mustard gas, very fines admixture, marine

Введение. Захоронение боевых отравляющих веществ, главным образом иприта, появились в сороковые годы прошлого столетия. Считалось, что поскольку иприт при температурах ниже +14⁰С переходит в твердую фазу, то в стальных бочках находясь на тридцати – сорока метровой глубине в Черном море он не причинит никому никакого вреда. Однако, за более чем полувековой период герметичность бочек нарушается и иприт вымывается из них и в виде мелкодисперсной примеси распространяется в придонных слоях [1,2].

Существующие на сегодняшний день международные соглашения запрещают подъем боевых отравляющих веществ с морского дна на поверхность. Бетонирование

разгерметизированных бочек оказывается временной мерой, так как бетон гигроскопичен и иприт проходит через него со скоростью 5 – 8 миллиметров в год [3,4].

Для контроля состояния морских захоронений боевых отравляющих веществ необходимы системы экологического мониторинга, которые обеспечивают своевременное обнаружение миграций мелкодисперсного иприта. Основой для этих систем будут являться акустический способ и устройство обнаружения антропогенных примесей в водной среде [5,6].

Постановка цели и задач научного исследования. Целью данной работы является разработка предложений по построению систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, позволяющих в дальнейшем делать опытные образцы систем мониторинга с привязкой к конкретным физико-географическим условиям.

Для достижения поставленной цели необходимо решить две основные задачи. Во-первых, проанализировать критерии построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Критерии построения систем экологического мониторинга. Главными, для построения систем экологического мониторинга, являются следующие критерии. Первый – надежность обнаружения антропогенной примеси. Вторым количеством определяемых параметров антропогенной примеси такие, как ее состав, концентрация и др. Третий критерий – это живучесть системы, способность ее функционирования определенное время при различных условиях внешней обстановки. Четвертый – управляемость системы, пятый – универсальность ее элементной базы и шестой – стоимостной. Рассмотрим эти критерии применительно для системы экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Надежность обнаружения. Этот критерий определяется следующими парами событий. Первое событие состоит в том, что система срабатывает, сигнализируя, что в воде находится мелкодисперсионный иприт, и он действительно присутствует в водной среде. Это событие достоверного обнаружения и численно характеризуется вероятностью правильного обнаружения p_o . Второе событие состоит в том, что система срабатывает, сигнализируя о наличии иприта, а его в действительности в водной среде нет. Это событие ложного срабатывания и численно характеризуется вероятностью ложной тревоги $p_{лм}$. Третье событие состоит в том, что иприт действительно находится в водной среде, но система мониторинга не срабатывает, пропускает это антропогенное загрязнение. Это событие пропуска и численно характеризуется вероятностью пропуска $p_{пр}$. Все эти пары событий взаимодействуют между собой и определяются математическими критериями обнаружения (такими, как Неймана-Пирсона, оптимального обнаружения и др.) и техническими, в том числе и аппаратно-программными средствами их реализующими. Главная задача всех систем обнаружения – это максимизировать вероятностью правильного обнаружения p_o , минимизировать вероятностью ложной тревоги $p_{лм}$ и полностью исключить события пропуска. Ключевым вопросом здесь становится определение порога чувствительности, то есть такой концентрации иприта в водной среде, которую система надежно обнаружит и идентифицирует, как боевое отравляющее вещество, с другой, чтобы величина этой концентрации была настолько мала, что не могла причинить вред человеку и окружающей природной среде. Это пожалуй очень важный критерий, который необходимо применять к системам экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ.

Количество определяемых параметров. Как правило это концентрация и состав антропогенной примеси. Для системы мониторинга водной среды актуальным остается определение параметров перемещения (миграции) антропогенной примеси. Это генеральное направление перемещения и скорость (диапазон скоростей) перемещения. Зная эти параметры можно уверенно прогнозировать процесс распространения антропогенного фактора в водной среде и планировать природозащитные и другие мероприятия. Необходимо отметить, что установив порог обнаружения для системы мониторинга захоронений боевых отравляющих веществ, доминирующим событием является факт своевременного обнаружения нахождения

иприта в водной среде. Параметры, такие как, его концентрация и направление распространения, являются нужными, но не решающими.

Живучесть системы. Этот критерий определяется способностью системы функционировать в агрессивной среде – морской воде, противостоять термическим и динамическим воздействиям. Эта способность определяется антикоррозийными свойствами материалов из которых она состоит, включая якорные и буйковые устройства, фертоинговые соединения и надежность герметичности приборных отсеков. Термические колебания определяются всем диапазоном температур воды (для подводной части) от 0° до +28°С (с резервом до 36°С), а для надводной части диапазоном температур приводного слоя от -20°С до +45°С (резерв -25°, +50°С).

Штормовые явления в Черном море определяются силой ветра, наибольшие значения которого достигают 30 м/с (более 100 км/ч) при этом высота поверхностных волн может достигать 4-6 м (6-7 баллов). Наибольшая скорость течений в Черном море не превышает 1,5-2 узлов (0,75-1 м/с). В тоже время гидрологами зафиксированы случаи, в отдельных районах моря (м. Сарыч, устье бухты Жебриянской и др.), когда направления постоянного течения и действия ветра совпадают, то скорость поверхностных течений достигала 3-4 узлов (1,5-2 м/с). Поэтому система должна выдерживать подобные гидрометеорологические нагрузки.

Кроме этого живучесть системы определяется наличием дублированного электропитания, а в случае автономного электропитания – емкостью батарей, которые обеспечивают время работы системы в автономном режиме. Идеальная система имеет и сетевое питание (по кабелю) и автономное (от аккумуляторных батарей).

Так же живучесть системы определяется ее способностью передавать регистрируемую информацию, а так же управляться (переключаться с режима на режим) по командам с пульта управления. Отметим так же, что идеальной системой является та, которая имеет несколько каналов связи и управления. Они могут быть проводными (по кабелю), радиоканалами (в том числе FM, УКВ, СВ), гидроакустическим каналом. Исходя из выше изложенного критерий живучести, является одним из доминирующих критериев для систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, который численно может определяться, как вероятность безотказной работы при заданных условиях.

Универсальность – это свойство системы которое можно использовать, при котором ее можно использовать не только по прямому назначению, но и для решения других, второстепенных задач.

Принцип, который заложен в систему мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ является универсальным, то есть позволяет обнаруживать не только иприт, но и другие антропогенные примеси в водной среде. Необходимо так же отметить, что мелкодисперсионный иприт, в отличие от эмульгированных нефтяных загрязнений занимает значительно меньший объем. Поэтому в случае, когда объемное эмульгированное нефтяное загрязнение подойдет к системе мониторинга, а затем накроет ее, то последовательно сработают все датчики – элементы системы разнесены в пространстве, чего при распространении мелкодисперсионного иприта в принципе произойти не может (одна бочка – 200 л, а нефтяное загрязнение это, как правило, десятки тон – десятки кубических метров). Учитывая, что основным назначением системы является обнаружение в водной среде боевых отравляющих веществ, универсальность является нужным критерием, но не решающим.

Универсальность элементной базы, то есть все те детали из которых построена система мониторинга. Если все или большинство элементов, устройств, деталей и т.д. используются в других системах, которые находятся в эксплуатации и выпускаются отечественной промышленностью, то системе обеспечена с одной стороны высокая ремонтпригодность, с другой – относительно низкая стоимость. Безусловно это очень важное качество, но оно реализуется, главным образом, во время выполнения конструкторских работ. На этапе разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, этот критерий является нужным, но не доминирующим.

Стоимостной критерий, как показывает практика в наше время является решающим. Если создатели не укладываются в определенную им сумму, то проект закрывают или ищут другое, более дешевое решение. Здесь необходимо заметить, что в общем случае систему мониторинга, как и другие системы обнаружения описывают эмпирической зависимостью вероятности правильного обнаружения от стоимости системы, как показано на рисунке 10. Здесь четко прослеживается, что первоначальную вероятность обнаружения в зависимости от стоимости системы растет практически линейно, то есть, чем дороже система, тем выше (но столько же) вероятность обнаружения. Однако наступает предел, который называют критической стоимостью – $C_{кр}$, после чего удвоение, утроение и т.д. стоимости системы не приводит к ожидаемому результату. Тогда определяют порог обнаружения и смотрят, соответствует ли он критической стоимости. В связи с вышеизложенным, на этапе разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ, не будем учитывать стоимостной критерий.

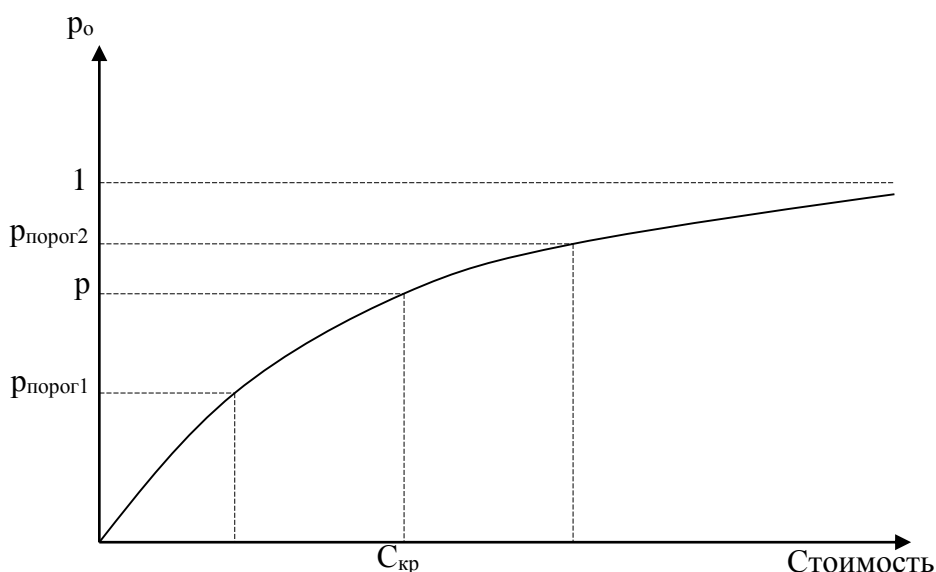


Рис. 1. Зависимость вероятности обнаружения от стоимости системы

Таким образом, для разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ главными критериями являются надежность обнаружения мелкодисперсионного иприта и живучесть системы.

Варианты построения систем экологического мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ. Исходя из возможных тенденций распространения иприта из негерметичных бочек, критериев построения систем экологического мониторинга, а так же особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ наиболее перспективными являются следующие варианты построения систем. Кроме этого, заметим, что под измерительным элементом системы мониторинга, как было отмечено ранее, будем подразумевать систему, в которую входят якорное устройство с гнездами для подключения связных и электрокабелей. Якорное устройство соединено с кабельтросом, к которому крепится приборный отсек с измерительной платформой, которая, в свою очередь, соединена с бумом (легкостью-плавучестью), где размещается радиоприемное и радиопередающее устройство. При необходимости на измерительной платформе может быть микрорезонансная антенна для обеспечения гидроакустической связи.

Первый вариант системы, когда обнаружена одна или несколько бочек иприта в непосредственной близости друг от друга (2-10 м). Тогда устанавливаются один или два измерительных элемента, связанных кабелем друг с другом. Два элемента выставляются,

когда несколько бочек, причем их ориентация (линия соединяющая измерительные элементы) Должна быть параллельна вектору постоянного течения, как показано на рисунке 2. Такой вариант называется одиночным (точечным) или линейным.

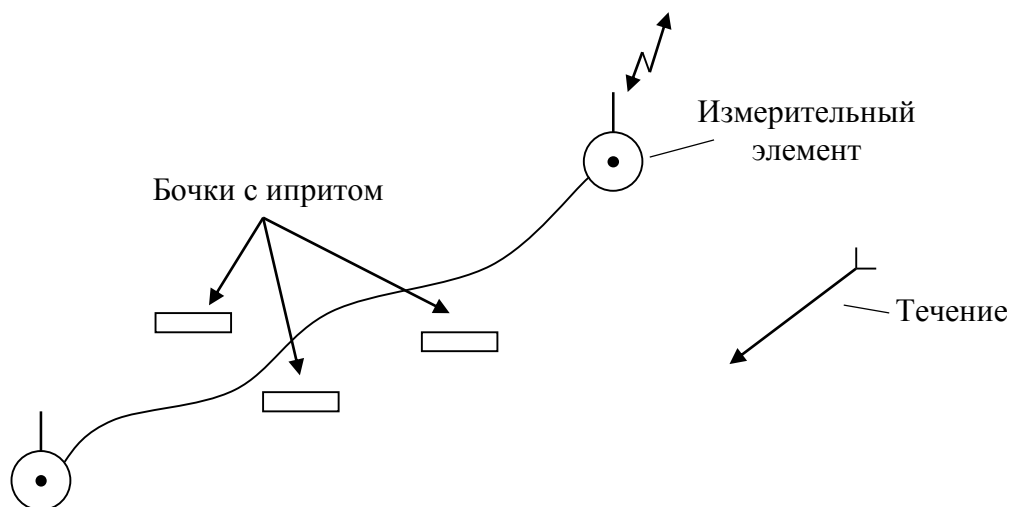


Рис. 2. Первый вариант построения системы

Второй вариант системы, когда обнаружено компактное захоронение, например баржа с бочками иприта. Здесь целесообразно строить крестообразную систему, как показано на рисунке 3. Один из элементов располагается в центре непосредственно у баржи, а четыре других по носу и корме, с правого и левого бортов. Элементы соединены между собой, и если позволяют условия, ближайший к берегу измерительный элемент соединяется кабелем с берегом. Этот же элемент может иметь радиоканал. При необходимости и два измерительных элемента могут иметь радиоканал, но в этом случае второй плавучий радиобуй будет на поверхности, чем может создать трудности навигационного и другого характера.

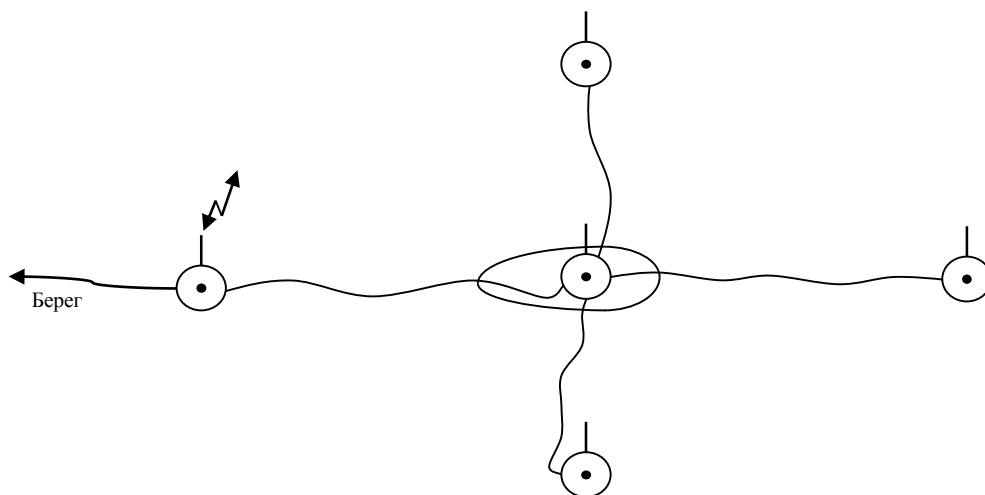


Рис. 3. Второй вариант построения системы

Третий вариант системы, круговой или опоясывающий, когда большое количество бочек (как правило, 10 и более) находятся на достаточно большом удалении друг от друга от 20 до 50 м и более (рис. 4). Измерительные элементы устанавливаются вокруг захоронения, опоясывая его. Здесь возможно линейное подключение элементов (штриховая линия) или крестообразное. Во втором случае живучесть системы повышается. Ближайший к берегу элемент, может соединяется кабелем, который идет на береговой пост управления. Резервный канал связи (радиосвязи) может быть на одном или двух измерительных элементах.

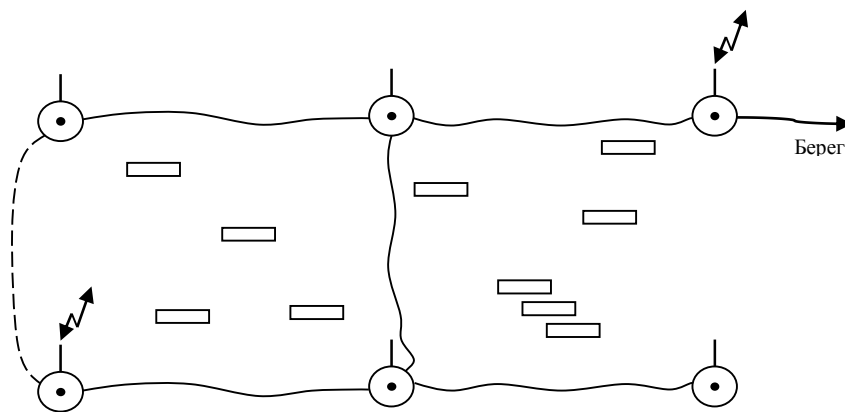


Рис. 4. Третий вариант построения системы

Четвертый вариант системы – веерный. Он предлагается к установке, где доминируют постоянные течения, например захоронения боевых отравляющих веществ у Южного берега Крыма, как показано на рис. 5. Подобные построения перекрывают сектор наиболее вероятного распространения мелкодисперсионного иприта в случае его вымывания из разгерметизировавшихся бочек. Один или два измерительных элемента могут иметь радиоканалы, а ближайший к берегу элемент соединен кабелем с береговым постом.

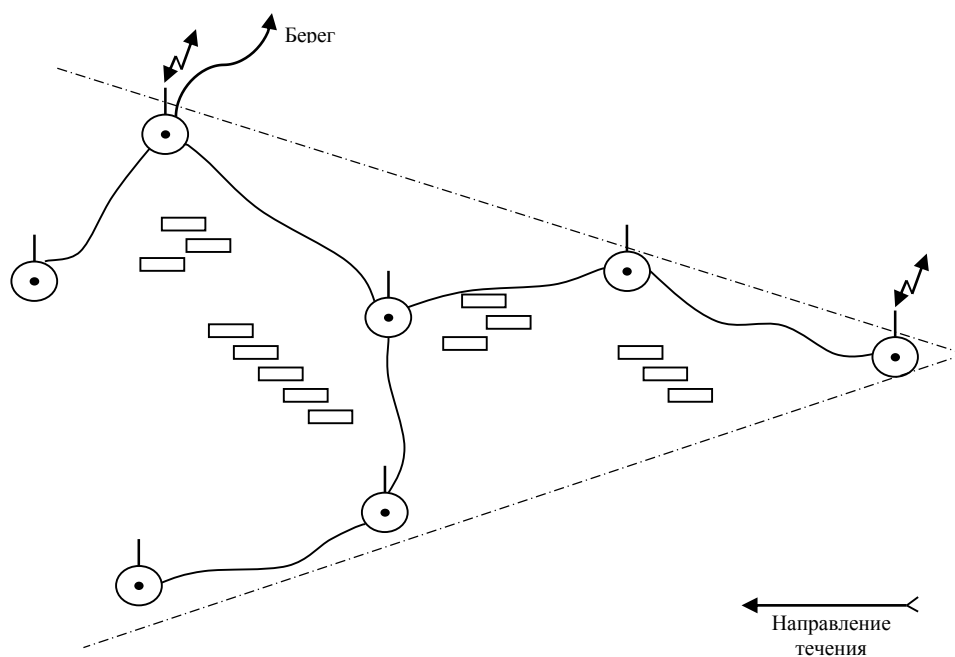


Рис. 5. Четвертый вариант построения системы

Таким образом, наиболее перспективные с точки зрения возможных путей распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек, критериев построения систем экологического мониторинга, и особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ являются следующие варианты построения систем. Первый – точечный или линейный для одиночных бочек, второй – крестообразный для компактных захоронений, третий – опоясывающий (круговой) для разбросанных морских захоронений, четвертый – веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.

Выводы. Для разработки вариантов построения систем мониторинга морских захоронений боевых отравляющих веществ главными критериями являются надежность обнаружения мелкодисперсионного иприта и живучесть системы.

Наиболее перспективные с точки зрения возможных путей распространения мелкодисперсионного иприта из негерметичных бочек, критериев построения систем экологического мониторинга, и особенностей морских захоронений боевых отравляющих веществ являются следующие варианты построения систем. Первый – точечный или линейный для одиночных бочек, второй – крестообразный для компактных захоронений, третий – опоясывающий (круговой) для разбросанных морских захоронений, четвертый – веерный для районов, где доминируют сильные постоянные течения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

1. Азаренко Е.В. Закономерности трансформации иприта в эмульгированное состояние / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Столярчук // Збірник наукових праць «Теоретичні основи розробки систем озброєння». – Харків:ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2014. - №4(40). – С.147 – 150.
2. Гончаренко Ю.Ю. Закономерности трансформации иприта в эмульгированное состояние / Ю.Ю. Гончаренко // Сборник научных трудов МГИ НАН Украины «Системы контроля окружающей среды. Средства, информационные технологии и мониторинг». – Севастополь: МГИ, 2012. – Вып. 18. – С.25 – 29.
3. Азаренко Е.В. Принципы построения систем экологического мониторинга в районах морских захоронений отравляющих веществ // Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, Ю.Ю. Столярчук // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – Хмельницький:Вид-во ХНУ, 2014. - №4(49). – С.167 – 170.
4. Азаренко Е.В. Компьютерный эколого-экономический мониторинг как информационно-техническое средство управления экологической безопасностью / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Науково-технічний журнал «Сучасний захист інформації». – Київ:ДУІКТ, 2012. – Спец. Випуск. – С.53 – 56.
5. Азаренко Е.В. Акустический способ контроля за состоянием морских захоронений боевых отравляющих веществ / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, С.Ю. Загинайченко // Сборник научных трудов МГИ НАН Украины «Системы контроля окружающей среды. Средства, информационные технологии и мониторинг». – Севастополь: МГИ, 2011. – Вып. 15. – С.64 – 68.
6. Азаренко Е.В. Акустический способ и устройство обнаружение антропогенных примесей в водной среде // Науково-практичний журнал «Сучасна спеціальна техніка». – Київ:ДНДІ МВС України, 2011. - №4(27). – С.87 – 92.

References:

1. Azarenko E.V. Zakonomernosti transformatsii iprita v emulgirovanne sostoyanie / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Stolyarchuk // Zbirnik naukovih prats «Teoretichni osnovi rozrobki sistem ozbroennya». – Harkiv:HUPS Im. Ivana Kozheduba, 2014. - #4(40). – S.147 – 150.
2. Goncharenko Yu.Yu. Zakonomernosti transformatsii oprita v emulgirovanne sostoyanie/ Yu.Yu. Goncharenko // Sbornik nauchnyih trudov MGI NAN Ukrainyi «Sistemy kontrolya okruzhayushey sredyi. Sredstva, informatsionnyie tehnologii i monitoring». – Sevastopol: MGI, 2012. – Vyip. 18. – S.25 – 29.
3. Azarenko E.V. Printsipyi postroeniya sistem ekologicheskogo monitoringa v rayonah morskikh zahoroneniya otravlyayuschih veschestv // E.V. Azarenko, M.M. Divizinyuk, Yu.Yu. Stolyarchuk // Mizhnarodniy nauково-technichniy zhurnal «Vimiryuvalna ta obchislyuvalna tehnika v tehnologichnih protsesah». – Hmelniyskiy:Vid-vo HNU, 2014. - #4(49). – S.167 – 170.

4. Azarenko E.V. Kompyuternyy ekologo-ekonomicheskyy monitoring kak informatsionno-tehnicheskoe sredstvo upravleniya ekologicheskoy bezopasnostyu / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Gonchareko, M.M. Divizinyuk // Naukovo-tehnichniy zhurnal «Suchasniy zahist informatsiyi». – Kyiv:DUIKT, 2012. – Spets. Vipusk. – S.53 – 56.
5. Azarekno E.V. Akusticheskiy sposob kontrolya za sostoyaniem morskikh zahoroneniyy boevyih otravlyayuschih veschestv / E.V. Azscharenko, Yu.Yu. Goncharenko, S.Yu. Zaginaychenko // Sbornik nauchnyih trudov MGI NAN Ukrainyi «Sistemy kontrolya okruzhayuschey sredyi. Sredstva, informatsionnyie tehnologii i monitoring». – Sevastopol: MGI, 2011. – Vyip. 15. – S.64 – 68.
6. Azarenko E.V. Akusticheskiy sposob i ustroystvo obnaruzhenie antropogennyih primesey v vodnoy srede // Naukovo-praktichniy zhurnal «Suchasna spetsialna tehnika». – Kyiv:DNDI MVS Ukraini, 2011. - #4(27). – S.87 – 92.

УДК 504.064

Е.В. Азаренко
д.ф-м.н., професор,
Морська державна академія

О.В. Бляшенко
к.т.н., докторант,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

О.В. Алексеева
м.н.с.,
Сектору фізико-технічних і математичних наук
Науково-організаційного відділу Президії НАН України;

В.Е. Ковач
науковий співробітник,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРОМІСЛОВИХ ТА ЖИТЛОВИХ СПОРУД

***Анотація.** У роботі, на підставі формалізації процесу радіаційного моніторингу будівельних матеріалів описана математична модель системи радіаційного моніторингу будівельних матеріалів і конструкцій, житлових будівель та споруд. Показано, що вимірювання радону, який є унікальним екологічним параметром, дають змогу оцінювати радіаційний стан на усіх етапах моніторингу.*

Ключові слова: моніторинг, математична модель, радіаційний моніторинг, будівельні матеріали, радон.

Е.В. Азаренко
д.ф-м.н., професор,
Морская государственная академия

О.В. Бляшенко
к.т.н., докторант,
ГУ «Інститут геохімії оточуючої
середы НАН України»

Е.В. Алексеева
м.н.с.,
Сектора физико-технических и математических наук
Научно-организационного отдела Президиума НАН Украины

В.Е. Ковач
научный сотрудник,
ГУ «Інститут геохімії оточуючої
середы НАН України»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЖИЛЫХ ООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В работе, на основании формализации процесса радиационного мониторинга строительных материалов, описана математическая модель системы радиационного мониторинга строительных материалов и конструкций, жилых зданий и сооружений. Показано, что измерения радона, который является уникальным экологическим параметром, дают возможность оценивать радиационную обстановку на всех этапах мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг, математическая модель, радиационный мониторинг, строительные материалы, радон.

Azarenko E.
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Maritime State Academy

Alekseeva E.
j. r.,
Sector Physics-Technical and Mathematic Sciences
of Scientific and Organization Department of the Presidium
of the National Academy of Sciences of Ukraine

Blyashenko O.
Ph.D., doctoral,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

Kovach V.
research worker,
State Institution «Institute of Environmental
Geochemistry of the NAS of Ukraine»

MATHEMATICAL MODEL OF THE RADIATION MONITORING SYSTEM OF BUILDING MATERIALS

Annotation. In this paper, based on the formalization of the process of radiation monitoring of building materials, a mathematical model of the radiation monitoring system of building materials and constructions, residential buildings and structures is describes. It is shown that measurements of radon, which is the unique environmental parameter, allow evaluating the radiation situation at all stages of monitoring.

Key words: monitoring, mathematical model, radiation monitoring, building materials, radon.

Вступ. Стратегія сталого розвитку, прийнята у 1992 році у Ріо-де-Жанейро практично усіма країнами світу, проголосила, що самий пріоритетний напрямок розвитку людства – це людина та середа її перебування [1].

Україна прийняла концепцію сталого розвитку та послідовно впроваджує в повсякденну діяльність різні її системи [2]. Один з напрямків, який забезпечує збереження здоров'я та життєдіяльність наших громадян – це різні види та системи моніторингу навколишнього

середовища, техногенних процесів, морських та річних вод, повітряної середи, житлових будівель та виробничих процесів [3,4].

Особливе значення мають системи радіаційного моніторингу, так як постійний вплив навіть невеликих доз опромінення може призвести до тяжких захворювань, втрати працездатності та летальних наслідків. Потрапляння радіоактивних речовин до будівельних матеріалів та конструкцій може стати джерелом радіологічних захворювань.

Відповідно до цих позицій розроблення системи радіаційного моніторингу будівельних матеріалів, а також математичних моделей, які забезпечують її створення, є актуальною науково – практичною задачею.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка математичної моделі системи радіаційного моніторингу будівельних матеріалів та конструкцій, які використовуються для зведення житлових будівель та споруд. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: по-перше, проаналізувати та формалізувати процес радіаційного моніторингу будівельних матеріалів. По-друге, обґрунтувати вибір основного параметру для вимірювань. По-третє, розробити модель системи радіаційного моніторингу будівельних матеріалів.

Викладення основного матеріалу

Формалізація процесу радіаційного моніторингу будівельних матеріалів.

Головною метою радіаційного моніторингу є виявлення різних видів іонізуючого випромінювання, які перевищують радіаційний фон на усіх етапах виробництва будівельних матеріалів та їх подальшого використання, або навпаки – переконання в їх відсутності.

Сучасна будівельна індустрія випускає матеріали, вироби, деталі і конструкції для всіх видів будівництва. До основної її продукції належать: стінові матеріали (цегла, панелі гіпсові і бетонні, шлакоблоки), в'язучі (вапно, цемент, будівельний гіпс), покрівельні матеріали (шифер, черепиця, руберойд, толь), будівельне скло, різноманітні ізоляційні, облицювальні, оздоблювальні матеріали, будівельна кераміка і фаянс.

Промисловість будівельних матеріалів поділяється на великі групи: видобування і первинна обробка мінерально-будівельної сировини (пісок, гравій, щебінь, бутовий камінь, пиляний камінь, глина тощо); виробництво в'язучих матеріалів (цемент, вапно, гіпс та ін.); виробництво різноманітних стінових матеріалів і конструкцій для зведення будівель і споруд (цегла, бетон, залізобетон тощо); інші виробництва (черепиці, облицювальної плитки, віконного скла).

Основними будівельними матеріалами, які використовуються в будівництві є: цегла - штучний камінь, вироблений з піску, глини, вапна і цементу; бетон - штучний каменеподібний матеріал, результат раціонально підібраної в'язучої суміші, заповнювачів, води; залізобетоні вироби - це композиційний будівельний матеріал, в якому поєднуються бетон і сталеві арматури; будівельні блоки - штучні камені геометричної форми, які виготовляються з бетону, силікату, кераміки, вапняку-ракушняку; металопрокат - металовироби отримані в результаті процесу прокатки, який використовується безпосередньо в конструкціях (мости, будівлі, залізобетонні вироби); ізоляційні матеріали - толь, хлорвінілові та інші покриття, що використовують при будівництві глиняних будівель та споруд, і які є спеціальними виробами хімічної промисловості, також як металопрокат – результат металургійного виробництва; сипучі та в'язучі суміші - суміші, що використовують для виготовлення розчинів і бетонів, і які складаються з неорганічної в'язучої речовини (цемент, вапно, гіпс, глина), дрібного заповнювача (піску, подрібненого шлаку), води. Серед сучасних в'язучих речовин однією з найбільш застосовуваних є цемент та клінкер – проміжний матеріал, випалена до спікання цементна сировина у вигляді дуже твердих грудок, напівфабрикат для виробництва цементу; мармур - карбонатна метаморфічна гірська порода, що утворилася внаслідок перекристалізації вапняку або доломіту; граніт - інтрузивна гірська порода кислого складу із зернистою структурою.

Сировиною для виробництва основних будівельних матеріалів, а саме: вапна є крейда, вапняки, мармур та інші карбонатні породи; цементу та клінкеру - мергель, доломіт, вапняк, крейда, глина; кераміки - глина з домішками каоліну, кварцового піску, пегматит;

заповнювачів - щебінь із пористих гірських порід (пемза, вулканічний шлак, вулканічний туф, пористий вапняк, вапняк-черепашник) та матеріали із відходів розпилювання каменів і дроблення гірських порід.

Джерелом основних будівельних матеріалів, а саме глини, вапняку, крейди, гіпсу, піску, мармуру та граніту є кар'єри - гірничі підприємства, призначені для видобування корисних копалин з надр землі.

Розглянувши загальний цикл виробництва та використання будівельних матеріалів та враховуючи радіаційний контроль над ним, математично запишемо цей процес:

Нехай вихідний матеріал на одному глиняному кар'єрі - Γ_i має іонізуюче випромінювання $I(\Gamma_i)$, вихідний матеріал з вапняку - B_i має іонізуюче випромінювання $I(B_i)$, а вихідні матеріали з крейди (K_i), гіпсу (Γ_i), піску (Π_i), мармуру (M_i) та граніту (ΓP_i) мають іонізуюче випромінювання $I(K_i)$, $I(\Gamma_i)$, $I(\Pi_i)$, $I(M_i)$, $I(\Gamma P_i)$ відповідно. Також врахуємо тут іонізуюче випромінювання від будівельних блоків $I(B_i)$.

Отже маємо, що на першому етапі видобутку корисних копалин потрібен контроль семи видів родовищ, кожне з яких має специфічне іонізуюче випромінювання. Радіаційний моніторинг на цьому етапі буде складатися з вимірювання іонізуючого випромінювання корисних копалин, які були видобуті та будівельних блоків, тобто:

$$M1(вкк) = F\{I(\Gamma_i), I(B_i), I(K_i), I(\Gamma_i), I(\Pi_i), I(M_i), I(\Gamma P_i), I(B_i)\} \quad (1)$$

Видобуті корисні копалини або надходять на підприємство, яке виготовляє будівельні матеріали, або - відразу на будівельні майданчики, де використовуються для будівництва житлових будівель і споруд.

Отримана на i -том етапі виробництва цегла (Π_i) має іонізуюче випромінювання $I(\Pi_i)$, а проміжний матеріал клінкер ($K\Pi_i$) - $I(K\Pi_i)$. Це можливо умовно назвати первинним виробництвом будівельних матеріалів.

Вторинне виробництво будівельних матеріалів полягає в отриманні цементу (ΠM_i) – основного компоненту для отримання бетону, який має іонізуюче випромінювання $I(\Pi M_i)$, а також керамічної плитки ($K\Pi_i$) та в'язучих будівельних сумішей ($B C_i$), які мають випромінювання $I(K\Pi_i)$ та $I(B C_i)$ відповідно.

До вторинного виробництва будівельних матеріалів також слід віднести виробництво залізобетонних виробів ($B B_i$) (плит, балок, перекриттів, блоків та ін.), які мають іонізуюче випромінювання $I(B B_i)$.

Тобто на другому етапі – етапі первинного виробництва будівельних матеріалів необхідно проводити радіаційний моніторинг виготовленої цегли та проміжного матеріалу - клінкеру, а саме:

$$M2(вир - во1) = F\{I(\Pi_i), I(K\Pi_i)\} \quad (2)$$

Для третього етапу – етапу вторинного виробництва будівельних матеріалів потрібен радіаційний моніторинг виготовленого цементу, керамічної плитки, в'язучих будівельних сумішей та залізобетонних виробів, тобто:

$$M3(вир - во2) = F\{I(\Pi M_i), I(K\Pi_i), I(B C_i), I(B B_i)\} \quad (3)$$

Наступним етапом процесу є зведення будівлі чи споруди відповідно до проекту, затвердженого усіма процесуальними нормами. Його теж можна розглядати як перший етап

будівництва. Тут всі наявні будівельні матеріали використовуються для зведення конструкції. На цьому етапі потрібен радіаційний моніторинг по корпусах (Корп NN), по поверхах (Пов NM), по кімнатах приміщень (Кімн NМК), тобто:

$$M4(\text{будів} - \text{во}1) = F\{I(\text{Корп}NN), I(\text{Пов}NM), I(\text{Кімн}NМК)\} \quad (4)$$

Це означає, що радіаційний моніторинг на четвертому етапі використання будівельних матеріалів проводиться по зведеним корпусам об'єкта будівництва, поверхам кожного з корпусів, а не по поверхам усіх приміщень.

Зведення будівель та споруд – це тільки перший етап будівництва. Другий етап – це підключення комунікацій та оздоблення будівлі. На цьому етапі радіаційний моніторинг також ведеться по корпусах об'єкта будівництва, поверхах кожного з корпусів та кімнатах приміщення, тобто:

$$M5(\text{будів} - \text{во}2) = F\{I(\text{Корп}NN), I(\text{Пов}NM), I(\text{Кімн}NМК)\} \quad (5)$$

Зведення будівлі та здача її в експлуатацію також передбачає постійний контроль будівлі у період її використання. Радіаційний моніторинг в цей період слід розділити на періодичний експлуатаційний та після капітального ремонту, тобто:

$$M6(\text{експл}) = F\{I(\text{Корп}NN), I(\text{Пов}NM), I(\text{Кімн}NМК)\} \quad (6)$$

$$M7(\text{рем}) = F\{I(\text{Корп}NN), I(\text{Пов}NM), I(\text{Кімн}NМК)\} \quad (7)$$

На цих етапах радіаційний моніторинг також проводиться по корпусах, поверхах та кімнатах приміщень.

Заключний етап – це виведення будівлі з експлуатації, знос та утилізація матеріалів, з яких вона була побудована, тобто:

$$M8(\text{знос, утіл}) = F\{(\text{знос, утіл})\} \quad (8)$$

Радіаційний моніторинг на цьому етапі проводиться на майданчику, де здійснювався знос споруди або будівлі та з якого були вивезені відходи (залишки) для подальшої утилізації на спеціальних полігонах.

Отримуємо, що процес «життя» будівельних матеріалів в загальному випадку складається з восьми етапів, а саме: видобутку корисних копалин; первинного виробництва будівельних матеріалів; вторинного виробництва будівельних матеріалів; будівництва – зведення будівлі; будівництва - оздоблення будівлі; експлуатації будівлі; ремонту будівлі; зносу та утилізації.

На усіх цих етапах необхідно проводити радіаційний моніторинг, який повинен забезпечувати безпечну життєдіяльність людства.

Математична модель системи радіаційного моніторингу буде представляти собою сукупність виразів (1 – 8), які визначають залежність кількості контрольованих факторів іонізуючого випромінювання на різних етапах використання будівельних матеріалів за час їх так званого «життя», тобто:

$$\begin{aligned}
 M1(\text{вкк}) &= F\{I(\Gamma_i), I(B_i), I(K_i), I(\Gamma_{Pi}), I(\Pi_i), I(M_i), I(\Gamma_{Pi}), I(B_i)\} \\
 M2(\text{вир} - \text{во}1) &= F\{I(\text{Ц}_i), I(\text{КЛ}_i)\} \\
 M3(\text{вир} - \text{во}2) &= F\{I(\text{ЦМ}_i), I(\text{КП}_i), I(\text{ВС}_i), I(\text{ЗБ}_i)\} \\
 M4(\text{будів} - \text{во}1) &= F\{I(\text{КорнNN}), I(\text{ПовNM}), I(\text{КімнNMК})\} \\
 M5(\text{будів} - \text{во}2) &= F\{I(\text{КорнNN}), I(\text{ПовNM}), I(\text{КімнNMК})\} \\
 M6(\text{експл}) &= F\{I(\text{КорнNN}), I(\text{ПовNM}), I(\text{КімнNMК})\} \\
 M7(\text{рем}) &= F\{I(\text{КорнNN}), I(\text{ПовNM}), I(\text{КімнNMК})\} \\
 M8(\text{знос, утіл}) &= F\{I(\text{знос, утіл})\}
 \end{aligned} \tag{9}$$

Процеси видобутку корисних копалин, виготовлення з них будівельних матеріалів, їх подальшого використання в будівництві житлових будинків і споруд, їх експлуатація, представлені на рисунку 1.

На цьому рисунку відображена система радіаційного моніторингу будівельних матеріалів, яка забезпечує радіаційний моніторинг на усіх етапах «життя» будівельних матеріалів.

Необхідно відзначити, що в усіх виразах (1 – 9) індекс «i» набуває конкретні двох, трьох або чотирьох знакові буквені значення, в залежності від певного регіону, де проводиться радіаційний моніторинг будівельних матеріалів, які використовуються в житлових будинках та спорудах.

Це пояснюється тим, що в Україні 27 промислових родовищ глини, 10 родовищ каолінів, 28 родовищ вапняку, гіпсу та крейди, які можуть використовуватися в інтересах держави. Крім того, в кожній області, в кожному районі є родовища, які використовуються для виробництва будівельних матеріалів для місцевих (локальних) потреб.

Щодо підприємств, які займаються видобутком корисних копалин для будівельних потреб та виробництва будівельних матеріалів, то в Україні їх більш ніж 13000. Стосовно будівельних фірм чи різного роду стихійних будівельно-ремонтних структур, то їх число безумовно вище, причому змінюється залежно від сезону та інших обставин.

Таким чином математична модель системи радіаційного моніторингу будівельних матеріалів представляє собою сукупність восьми виразів, які визначають залежність факторів іонізуючого випромінювання, які вимірюються (контролюються) на різних етапах використання будівельних матеріалів, а саме: видобутку корисних копалин; первинного виробництва будівельних матеріалів; вторинного виробництва будівельних матеріалів; будівництва – зведення будівлі; будівництва - оздоблення будівлі; експлуатації будівлі; ремонту будівлі; зносу та утилізації.

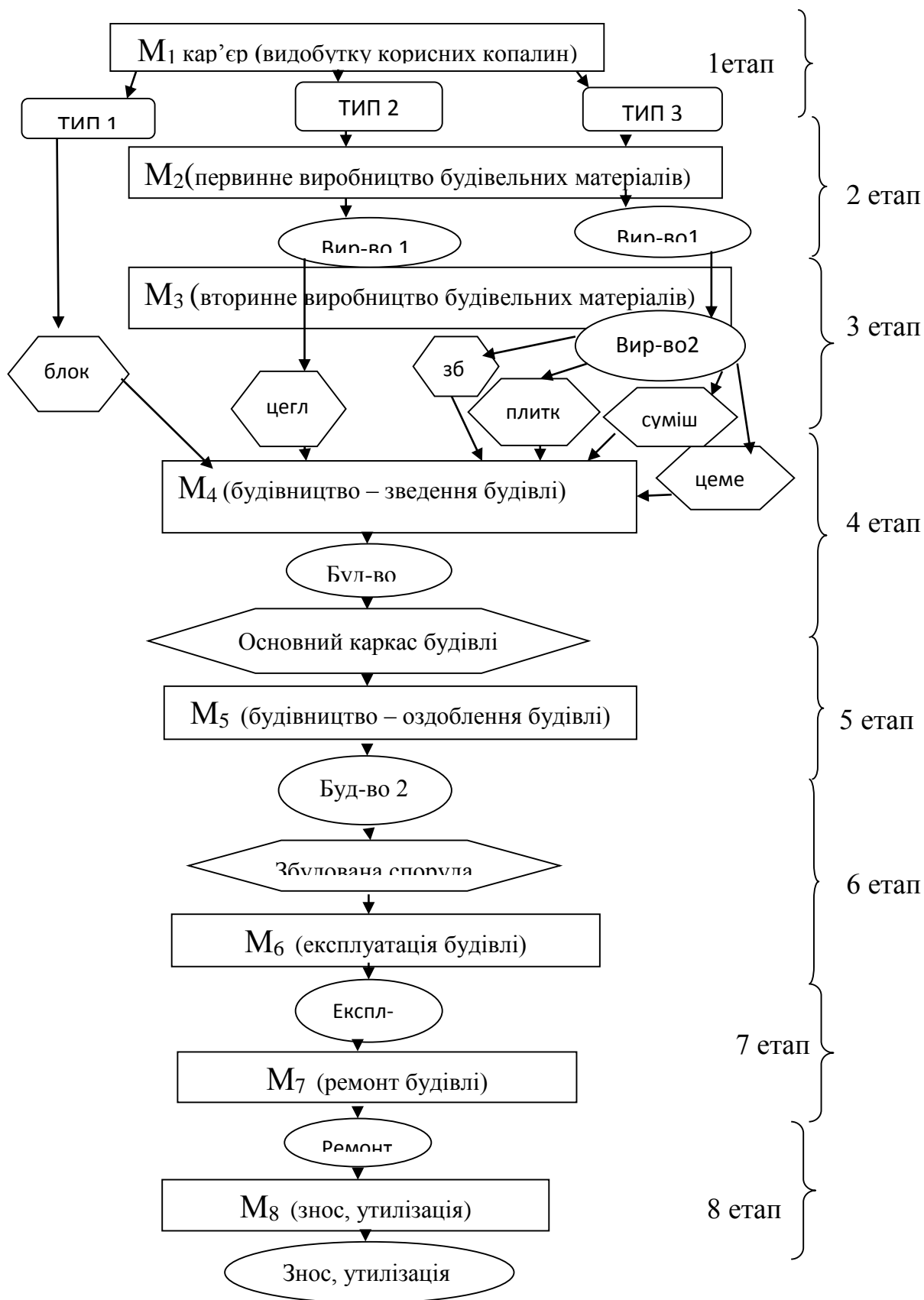


Рис. 1 – Схема виробництва та використання будівельних матеріалів

Обґрунтування вибору основного параметру для вимірювання.

Складність реалізації системи радіаційного моніторингу будівельних матеріалів полягає в специфіці видобутку різних видів корисних копалин, різноманітті радіаційних ізотопів, які

можуть міститися в первинній сировині, а згодом потрапляти до будівельних матеріалів та в підсумку опинятися в житлових приміщеннях та на робочих місцях, чим спричиняти негативний вплив на життя і здоров'я людей.

Використання різних видів вимірювальних радіологічних засобів може привести до великих затрат. У зв'язку з тим необхідно обрати один вимірювальний параметр, який буде досить ефективно відображувати радіаційну складову будівельних матеріалів на усіх етапах їх використання.

Доза радіації, отримана від будівельних матеріалів може досягати 60% від загальної дози радіації, яку одержує людина. У складі будівельних матеріалів можуть бути присутніми уран 238, торій 232, калій 40 та інші радіонукліди, кінцевим продуктом розпаду яких є радон 222. Опромінення від радону більше за дозу від інших природних і техногенних джерел випромінювання, взятих разом. Радон не тільки виділяється, а ще він має властивість накопичуватися в приміщеннях. В деяких випадках концентрація радону в приміщеннях може перевищувати гранично допустиму концентрацію більше, ніж у тисячу разів.

Радон вважається найвагомим за вкладом в опромінення людини джерелом з усіх природних джерел радіації, тому саме його ми обираємо, як один вимірювальний параметр радіаційного стану будівельних матеріалів. Систему рівнів (9) зводимо до виду:

$$M_j = F \left\{ \sum_{k=1}^8 M_k \right\} \quad (10)$$

де j – індекс об'єкту житлового будинку; k – кількість використаних будівельних етапів.

Таким чином, газ радон є унікальним екологічним параметром, який характеризує радіаційний стан повітряного середовища в повному обсязі. Реєструючи його наявність, вимірюючи його концентрацію в повітрі та фіксуючи зміни цієї концентрації можна стверджувати о наявності радіоактивних ізотопів, їх обсягу та змін радіаційного стану будівельних матеріалів на усіх етапах їх використання - від видобутку до утилізації.

Математична модель системи радіаційного моніторингу.

Створення системи радіаційного моніторингу достатньо трудомістка задача. Головним ускладненням є принципова відмінність в організації виробництва на різних етапах використання будівельних матеріалів. У випадку вибору одного контрольованого параметру, який вимірюється на усіх етапах виробництва та використання будівельних матеріалів, ця задача достатньо спрощується та зводиться до розробки універсального моніторингу, який дозволяє реєструвати корисний сигнал на існуючому регіональному радіаційному фоні.

Процес вимірювання радіаційного фону на k -том етапі моніторингу, проводимо на j -том об'єкті, який є випадковим процесом $\xi(t)$. В загальному випадку він характеризується двома основними характеристиками:

1. Математичне сподівання (одновимірна моментна функція першого порядку):

$$m_{\xi}(t) = m_1(t) = M\{\xi(t)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \xi p_t(\xi, t) d\xi \quad (11)$$

2. Математичне сподівання (двовимірна центральна моментна функція другого порядку, кореляційна функція):

$$R_{\xi}(t_1, t_2) = m_{1,2}^0(t_1, t_2) = M\{\xi_0(t_1), \xi_0(t_2)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} [\xi(t_1) - m_{\xi}(t_1)][\xi(t_2) - m_{\xi}(t_2)] \times \\ p_2(\xi_1, \xi_2, t_1, t_2) d\xi_1 d\xi_2 = k_{\xi}(t_1, t_2) - m_{\xi}(t_1)m_{\xi}(t_2) \quad (12)$$

де p – щільність імовірності випадкового процесу, $k_{\xi}(t_1, t_2)$ – коваріаційна функція – двовимірна початкова моментна функція.

Процес вимірювання радіаційного фону в повному обсязі можна вважати стаціонарним випадковим процесом тому, що багатовимірні закони розподілення залежать головним чином від моментів часу t_1, t_2, \dots, t_n , а не від самих значень цих величин (ймовірні закономірності цих величин не змінюються з часом).

Для стаціонарного ймовірного процесу вирази (11) та (12) приймуть наступний вигляд:

$$m_{\xi}(t) = M\{\xi(t)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \xi p_t(\xi) d\xi = m_{\xi} \quad (13)$$

$$R_{\xi}(t_1, t_2) = M\{\xi_0(t_1), \xi_0(t_2)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} [\xi(t_1) - m_{\xi}(t_1)][\xi(t_2) - m_{\xi}(t_2)] p_2(\xi_1, \xi_2, t_1, t_2) d\xi_1 d\xi_2 = \\ = k_{\xi}(t_1, t_2) - m^2 = R_{\xi}(t_2 - t_1) \quad (14)$$

Надалі будемо вважати, що $t_2 - t_1 = \tau$. Зазначимо, що для стаціонарних випадкових процесів $\xi(t)$ кореляційна функція є парною, тобто:

$$R_{\xi}(\tau) = R_{\xi}(-\tau)$$

її абсолютне значення при будь-якому значенні τ не може перевищувати її значення при $\tau = 0$, тобто:

$$|R_{\xi}(\tau)| \leq R_{\xi}(0)$$

В той же час при необмеженому збільшенні τ функція $R_{\xi}(\tau)$ прагне до нуля.

Нехай радіаційний фон на будь-якому етапі вимірювань визначається випадковим процесом, який в загальному виді описується функціональною залежністю:

$$\xi_{\phi}(t) = \sigma^2 ch w_0 \tau \exp(-\alpha|\tau|) \quad (15)$$

де σ^2 - середньоквадратичне відхилення фону, який флюктує в процесі вимірювань; α - рівень значимості критерію, відповідно до якого відбувається прийняття рішення щодо вимірюваного значення фону. Це умовна ймовірність помилки першого роду.

Нехай в будівельні матеріали на κ -том етапі моніторингу потрапляє радіоактивна домішка, радіаційний фон від якої буде описуватися функціональною залежністю:

$$\xi_{\text{д}}(t) = \frac{\alpha \sigma^2}{w_0} shw_0 |\tau| \exp(-\alpha |\tau|) \quad (16)$$

Тоді радіаційний фон, який вимірюємо буде визначатися спільною дією природного фону $\xi_{\text{ф}}(t)$ та радіоактивної домішки $\xi_{\text{д}}(t)$, а саме:

$$R(\tau) = \xi_{\text{ф}}(t) + \xi_{\text{д}}(t) \quad (17)$$

Виконавши додавання двох залежностей, маємо наступний вираз, який визначає процес моніторингу на κ -том етапі:

$$R(\tau) = \sigma^2 (chw_0 \tau + \frac{\alpha}{w_0} shw_0 |\tau| \exp(-\alpha |\tau|)) \quad (18)$$

Якщо вираз (18) буде мати властивість кореляційної функції, то її значення буде відрізнятися від нуля та це, в свою чергу, надасть можливість виявити присутність радіоактивної домішки у будівельних матеріалах. Подібне може бути, у відповідності з властивістю кореляційних функцій, якщо виконується наступна умова. Функція $R(\tau)$, яка описана виразом (18) має діючу складову, тобто вона більша за нуль. Також вона парна, її екстремум (максимум) досягається при $\tau = 0$. Її контрольна характеристика спадає по експоненті:

$$\begin{aligned} R(0) &\square 0 \\ R(\tau) &= R(-\tau) \\ |R(\tau)| &\leq R(0) \\ S(w) &= \int_{-\infty}^{+\infty} R(\tau) e^{-i w \tau} d\tau \end{aligned} \quad (19)$$

Перше рівняння виконується при $\alpha = 0$ та $w_0 = 0$. В цьому випадку значення функції $R(\tau)$ буде мати дійсне значення відмінне від нуля. Також в цьому випадку буде виконуватися й друга умова, яка свідчить о парності функції $R(\tau)$.

Щоб перевірити, чи виконується третя умова з виразу (19), запишемо вираз (18) у наступному вигляді:

$$R(\tau) = \frac{\sigma^2}{2} [e^{-\tau(\alpha-w_0)} (\frac{\alpha}{w_0} + 1) - e^{-\tau(\alpha+w_0)} (\frac{\alpha}{w_0} - 1)] \quad (20)$$

Вираз у квадратних дужках по модулю повинен бути не більше двох, тоді буде виконуватися третя умова.

При $\alpha < w_0$ ця умова не виконується, тому що при $\tau \rightarrow \infty$ та $\alpha < w_0$ значення $\exp[-(\alpha - w_0)\tau]$ необмежено зростає.

У випадку $\alpha = w_0$ функція $R(\tau) = 1$ і тільки при $\alpha > w_0$ третя умова виконується.

У відповідності з формулою Вінера – Хінчина маємо:

$$S(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} R(\tau) e^{-i w \tau} d\tau = \frac{4\alpha (\alpha^2 - w_0^2)}{[(\alpha - w_0)^2 + w^2][(\alpha + w_0)^2 + w^2]} \quad (21)$$

Виходячи з положення (21) маємо, що умова прописана в четвертому рівнянні (19) виконується при $\alpha > w_0$.

Це підтверджує, що положення (18) володіє усіма властивостями кореляційних функцій при $\alpha > w_0$, що, в свою чергу, дозволяє реєструвати радіоактивні домішки будівельних матеріалів на всіх етапах моніторингу.

Іншими словами, математична модель системи радіаційного моніторингу має наступну систему функціональних залежностей:

$$M_j = F \left\{ \prod_{k=1}^8 M_k \right\}$$

$$R(\tau) = \sigma^2 \left(ch w_0 \tau + \frac{\alpha}{w_0} sh w_0 |\tau| \right) \exp(-\alpha |\tau|) \quad (22)$$

Таким чином, математична модель системи радіаційного моніторингу є системою з двох функціональних залежностей, де перша залежність характеризує процес виділення сигналу, який перевищує радіаційний фон на одному з восьми етапів моніторингу. Друга залежність – відображає кореляційну залежність перевищення середньостатистичного радіаційного фону при появі радіаційних домішок в будівельних матеріалах.

Висновки

1. Математична модель системи радіаційного моніторингу будівельних матеріалів представляє собою сукупність восьми виразів, які визначають залежність факторів іонізуючого випромінювання, які вимірюються (контролюються) на різних етапах використання будівельних матеріалів, а саме: видобутку корисних копалин; первинного виробництва будівельних матеріалів; вторинного виробництва будівельних матеріалів; будівництва – зведення будівлі; будівництва - оздоблення будівлі; експлуатації будівлі; ремонту будівлі; зносу та утилізації.

2. Завдяки тому, що радон є унікальним екологічним параметром, який характеризує радіаційний стан повітряного середовища в повному обсязі, реєструючи його наявність, вимірюючи його концентрацію в повітрі та фіксуючи зміни цієї концентрації, можемо стверджувати о наявності радіоактивних ізотопів, їх обсягу та змін радіаційного стану будівельних матеріалів на усіх етапах їх використання від видобутку до утилізації.

3. Математична модель системи радіаційного моніторингу є системою з двох функціональних залежностей, де перша залежність характеризує процес виділення сигналу, який перевищує радіаційний фон на одному з восьми етапів моніторингу. Друга залежність –

відображає кореляційну залежність перевищення середньостатистичного радіаційного фону при появі радіаційних домішок в будівельних матеріалах.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Програма дій. Порядок денний на XXI століття та інші документи конференції в Ріо-де-Жанейро в популярному викладі. Женева. Центр «За наше спільне майбутнє». 1993. -83 с.
2. Стратегія сталого розвитку «Україна 2020». Режим доступу: <http://www.segodnya.ua/politics/pnews/poroshenko-utverdil-strategiyu-ustoychivogo-razvitiya-ukraina-2020-583482.html>.
3. Ісаєнко В.М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудор та ін. – К.: НАУ друк. 2009. – 312 с.
4. Азаренко Е.В. Комп'ютерний еколого - економічний моніторинг як інформаційно-технічний засіб управління екологічною безпекою / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дівізінюк // Науково – технічний журнал «Сучасний захист інформації». – К.: ДУІКТ. 2012. – Спецвипуск. – С. 53-56.
5. Гончаренко Ю.Ю. Виявлення нестационарних джерел радіоактивного випромінювання шляхом застосування інформаційного методу / Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дівізінюк, Ю.Л. Забулонов та ін. // Науково – технічний журнал «Сучасний захист інформації». – К.: ДУІКТ. 2011. – № 2. – С. 100-106.
6. Kovach V. Peculiarities of radio and ecological monitoring. Chanel of atmospheric air parameters measurement / V. Kovach, M. Diviziniuk // Energetic. – Lithuania. 2014. – Edition 5/2014. – P. 57-64.

References:

1. Programa diy. Poryadok denniy na XXI stolittya ta inshi dokumenti konferentsiyi v Rio-de-Zhaneyro v populyarnomu vikladi. Zheneva. Tsentr «Za nashe spilne maybutne». 1993. -83 s.
2. Strategiya stalogo rozvitku «Ukrayina 2020». Rezhim dostupu: <http://www.segodnya.ua/politics/pnews/poroshenko-utverdil-strategiyu-ustoychivogo-razvitiya-ukraina-2020-583482.html>.
3. Isaenko V.M. Monitoring i metodi vimiryuvannya parametriv navkolishnogo seredovischa / V.M. Isaenko, G.V. Lisichenko, T.V. Dudor ta in. – K.: NAU druk. 2009. – 312 s.
4. Azarenko E.V. Komp'yuterniy ekologo - ekonomichniy monitoring yak informatsiyno-tehnichniy zasib upravlinnya ekologichnoyu bezpekoyu / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Divizinyuk // Naukovo – tehnicniy zhurnal «Suchasniy zahist informatsiyi». – K.: DUIKT. 2012. – Spetsvipusk. – S. 53-56.
5. Goncharenko Yu.Yu. Viyavlennya nestatsionarnih dzherel radioaktivnogo viprominyuvannya shlyahom zastosuvannya informatsiyного методу / Yu.Yu. Goncharenko, M.M. Divizinyuk, Yu.L. Zabulonov ta in. // Naukovo – tehnicniy zhurnal «Suchasniy zahist informatsiyi». – K.: DUIKT. 2011. – # 2. – S. 100-106.
6. Kovach V. Peculiarities of radio and ecological monitoring. Chanel of atmospheric air parameters measurement / V. Kovach, M. Diviziniuk // Energetic. – Lithuania. 2014. – Edition 5/2014. – P. 57-64.

УДК 621.396.66

Е.В. Азаренко
д.ф-м.н., заведующий кафедрой,
НПУ им. Драгоманова

Ю.Ю. Гочаренко
д.т.н., старший научный сотрудник,
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»

М.М. Дивизинюк
д.ф-м.н., профессор, заместитель директора,
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»

ЗАЩИТА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

Аннотация. *На основе анализа контура управления критически важного объекта показано, что наиболее уязвимыми элементами являются линии связи и телекоммуникаций, связывающие первичные сенсоры с устройствами для обработки информации в системах мониторинга. Оптимизация защиты таких линий может осуществляться путем увеличения их числа и совершенствования алгоритмов обработки передаваемой информации.*

Ключевые слова: *критически важный объект, контур управления, канал передачи информации, оптимизация, алгоритм обработки информации.*

Azarenko E.
Dr. Phys-Math Sciences,
head of chair in NPU named after Dragomanov

Gocharenko Yu.
Dr. Sciences, senior research fellow,
SI «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine»

M. Diviziniuk
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor, Deputy Director,
SI «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine»

OPTIMIZATION OF INFORMATION PROTECTION, WHICH CIRCULATE IN THE CONTOURS OF MANAGEMENT TOOL OF CRITICALLY IMPORTANT OBJECT

Annotation. *It is based on analysis of contour of management of critically important object, is showed that the most vulnerable elements are lines of communication and telecommunications, which link primary sensors with devices for processing of information in monitoring systems. Optimization of protection of such lines can performs though increasing of its numbers, and perfection of algorithms for processing of transmitted information.*

Key words: *critically important object, contour of management, channel of information transferring, optimization, algorithms of data processing.*

Є.В. Азаренко
д.ф-м.н., завідувач кафедри,
НПУ ім. Драгоманова

Ю.Ю. Гочаренко
д.т.н., старший науковий співробітник,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

М.М. Дівізінюк
д.ф-м.н, професор, заступник директора,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

ЗАХИСТ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА КРИТИЧНО ВАЖЛИВИХ ОБ'ЄКТАХ

Анотація. На основі аналізу контура управління критично важливого об'єкта показано, що найбільш вразливими елементами є лінії зв'язку і телекомунікації, які пов'язують первинні сенсори з приладами для обробки інформації в системах моніторингу. Оптимізація захисту таких ліній може здійснюватися шляхом збільшення їх кількості, та вдосконалення алгоритмів обробки передаваної інформації.

Ключові слова: критично важливий об'єкт, контур управління, канал передачі інформації, оптимізація, алгоритм обробки інформації.

Введение

Специалисты в области национальной безопасности государств, а также антитеррора выделяют в структуре экономики государства ряд объектов, которые теперь принято называть критически важными [1-5]. К ним относят объекты, нарушение или прекращение функционирования которых приводит к потере управления экономикой, разрушению инфраструктуры государства, негативному ухудшению положения в стране или ряде ее регионов.

В основе управления критически важным объектом, как и любым другим, лежит контур управления или их совокупность в случае, когда управление различными функциями объекта происходит с помощью различных контуров [6-11]. Контур управления представляет собой информационно-управляющую или информационно-коммуникационную систему, которая может быть подвергнута воздействию, приводящему к сбою в работе критически важного объекта или к несанкционированному съему информации о нем.

В связи с вышесказанным, оптимизация защиты информации в контурах управления критически важного объекта является актуальной задачей как в сфере обеспечения национальной безопасности государства, так и в области противодействия нарастающей террористической угрозе.

Постановка цели и задач научного исследования

Цель данной работы – определить некоторые направления оптимизации защиты телеметрической информации в контурах управления критически важного объекта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во-первых, рассмотреть контур управления критически важного объекта и определить наиболее уязвимые части телеметрических коммуникаций. Во-вторых, описать некоторые направления оптимизации защиты телеметрической информации в контурах управления критически важных объектов.

Уязвимые части контура управления критически важного объекта

Под контуром управления принято понимать замкнутую цепь звеньев управления, связывающую в единое целое объект управления и субъект управления – лицо, принимающее решение, или руководителя с его административным аппаратом. Как правило, контур управления состоит из объекта управления системы мониторинга, системы поддержки принятия решения, руководителя и системы исполнения решений (Рис. 1).

Объект управления или критически важный объект – это предприятие, предназначенное для выполнения определенных производственных функций, которыми управляет руководитель. Системы мониторинга, поддержки принятия решений и исполнителя решений образуют определенный механизм управления, который включает определенный набор методов и средств управления, реализуемых с помощью информационной инфраструктуры.

Информационная инфраструктура – это совокупность информационных технологий, аппаратных и программных средств, средств связи и телекоммуникаций на базе производственных процессов в организации [4-9]. В них входят компьютеры и серверы, их программное обеспечение, данные и средства хранения данных, оргтехника, сети передачи данных, активное и пассивное сетевое оборудование, телефонные и радиотелефонные сети и станции, которые обеспечивают работу контура управления.

Чем сложнее объект, тем большее количество контуров управления входит в его систему управления. Как правило, один контур управления обеспечивает определенную функцию, реализуемую объектом. Для эффективного функционирования объекта система его управления как совокупность контуров управления должна использовать полностью всю информационную инфраструктуру объекта.

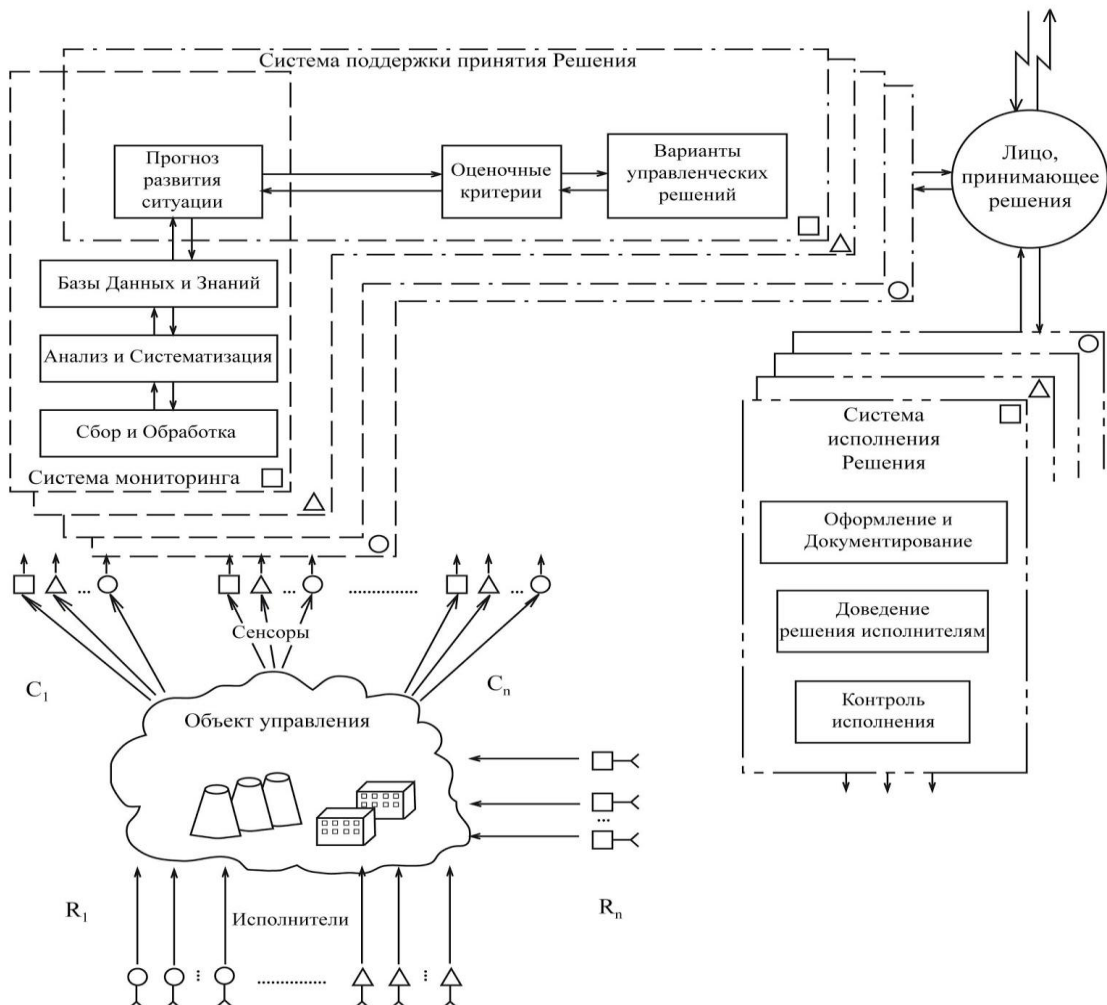


Рис. 1 – Структурная схема контуров управления критически важного объекта

В любой системе мониторинга основными компонентами являются средства получения информации о состоянии объекта управления, его составных частей, территорий и т.п. Средства добычи информации – это различные датчики, измерительные устройства и приборы, аудио- и оптоэлектронные индикаторы, которые также объединяют понятием сенсоры.

Информация, зафиксированная сенсорами в виде аналоговых или цифровых сигналов, по линиям связи и телекоммуникаций поступает в подсистемы обработки информации, ее систематизации для последующего использования по назначению.

Линии телекоммуникаций в системах мониторинга, с одной стороны, являются наиболее протяженными и в ряде случаев выходят за пределы контролируемого периметра. С другой стороны, сигналы, которые идут с первичных сенсоров, как правило, не кодируются, а в ряде случаев даже не преобразуются в цифровой формат. Это обусловлено множеством факторов и, с сожалением можно констатировать, что положение на сегодняшний день не изменилось.

В системах исполнения решений, когда управляющие сигналы идут к исполнительным устройствам по линиям телекоммуникаций, картина аналогична.

Таким образом, в контурах управления критически важного объекта наиболее уязвимыми являются линии связи и телекоммуникаций, которые обеспечивают передачу первичной информации о состоянии объекта управления от сенсоров в системах мониторинга, а также линии связи и телекоммуникаций, которые служат для передачи управляющих сигналов и команд исполнителям (исполняющим устройствам) в системах исполнения решений.

Оптимизация защиты телеметрической информации в контурах управления критически важных объектов

Пусть по телеметрическому каналу от одиночного сенсора в подсистему обработки сигнала системы мониторинга передается информация об одном из параметров объекта управления в виде сигнала $S_i(t)$. Опорный сигнал, характеризующий состояние первичного сенсора, имеет вид $\varphi_k(t)$ и повторяется в канале с периодом T . За этот промежуток времени передается информация об измеряемом параметре и опорном сигнале со спектрами $S_i(t)$ и $\varphi_k(t)$.

Для оптимальных алгоритмов линейной обработки сигналов одноканальных систем служит операция вычисления скалярного произведения

$$U(t) = \int_0^T S_i(t) \cdot \varphi_k(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_i(w) \cdot \varphi_k(w) dw. \quad (1)$$

Функция $U(t)$ является мерой схожести (или различия) сигналов с индексами i и k . При $i = k$ эта функция максимальна и определяет выходной эффект оптимальной передачи информации, а при $i \neq k$ выходной эффект $U(t)$ будет определять межсигнальную помеху, обусловленную влиянием соседних или ранее излученных сигналов.

В каналах с аддитивной помехой выходной эффект приемника определяется корреляционным интегралом

$$U_{ik} = \int_0^T x_i(t) \cdot \varphi_k(t) dt, \quad (2)$$

где $x_i(t) = S_i(t) + n_\Sigma(t)$ – принимаемое колебание на входе устройства обработки информации, которое далее будем называть приемником;

$\varphi_k(t)$ – опорное колебание, определяющее алгоритм обработки сигнала.

Если передаваемые сигналы $\{S_i(t)\}$ равновероятны и имеют одинаковую энергию, и в канале передачи информации действует гауссовский шум $n(t)$, то прием будет оптимальным по максимуму правдоподобия, когда $\varphi_k = S_k(t)$.

В этом случае приемник вычисляет функцию взаимной корреляции принятого колебания $x_i(t)$ со всеми m ожидаемыми сигналами $\{S_k(t), k = 1, 2, \dots, m\}$

$$U_{ik} = \int_0^T x_i(t) \cdot S_k(t) dt = \int_0^T [S_i(t) + n(t)] \cdot S_k(t) dt. \quad (3)$$

Выражение (3) принимает наибольшее значение для передаваемого сигнала. Такой приемник должен содержать коррелятор с опорными сигналами $\varphi_k(t) = S_k(t)$ или согласованные фильтры, импульсные реакции которых $\varphi_k(t) = aS_k(T-t)$, где a – постоянный множитель.

При наличии в канале передачи телеметрической информации различного рода помех и искажений, отличных от гауссова шума, помехоустойчивость системы будет значительно отличаться от потенциальной и определяться соотношением сигнал/шум и коэффициентами корреляции сигналов

$$U'_{ik} = \int_0^T x'_i(t) \cdot \varphi_k(t) dt. \quad (4)$$

В свою очередь

$$x'_i(t) = \int_0^T \int_0^{t_2} \int_0^{t_1} S_i(t_3) \cdot q_{nep}(t_2 - t_3) \cdot q(t_1 - t_2) dt_2 dt_3 + n_\Sigma(t_1) \cdot q_{np}(t - t_1) dt, \quad (5)$$

где q_{nep}, q_{np} – импульсные характеристики фильтров на сенсоре, передающем информацию и приемнике;

$q(t_1 - t_2)$ – импульсная характеристика параметрического фильтра, характеризующего канал передачи информации.

Совокупность корреляционных параметров $\{U_{ik}, i, k = 1, 2, \dots, m\}$, определяемых выражением (4), образует матрицу $[U]$. При заданной (эталонной) матрице $[U]$ матрица, равная

$$[U]' - [U], \quad (6)$$

характеризует степень снижения помехоустойчивости корреляционного приемника за счет искажений различного рода помех в радиолокационном канале передачи телеметрической информации.

Используя выражение (6), нельзя оценить качество системы передачи информации вследствие того, что функции $U'_{ik}(t)$ и $U_{ik}(t)$ являются случайными величинами. Качество работы приемника оценим по среднему квадрату нормы матрицы погрешностей

$$D = M \left\{ \left[\left[[U]' - [U] \right] \right]^2 \right\} = M \left(\sum_{i,k=1}^m (U'_{ik} - U_{ik})^2 \right), \quad (7)$$

где $M\{\}$ – усреднение по всем реализациям U_{ik}, U'_{ik} , которое в общем случае определяется выражением (4).

Выбор среднеквадратического решения позволяет получить решение задачи оптимизации в аналитической форме путем сведения выражения (7) к квадратичному

функционалу $B(\varphi_i, \varphi_k)$, где B – положительно определенный оператор, действующий в пространстве $L^2\left(-\frac{T}{2}; \frac{T}{2}\right)$, в котором вещественно скалярное произведение вычисляется по формуле:

$$B(\varphi_i, \varphi_k) = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \varphi_i(t) \cdot \varphi_k(t) dt; \quad \varphi_i(t), \varphi_k(t) \in L^2\left(-\frac{T}{2}; \frac{T}{2}\right) \quad (8)$$

Задача оптимизации системы сводится к минимизации квадратичного функционала путем выбора оптимальных сигналов или алгоритмов обработки.

Для одноканальной системы при $i, k = 1$ (условие несмещенности) минимум квадратичной формулы $B(\varphi_1, \varphi_1)$ позволяет получить на выходе системы максимум отношения сигнал/шум в некоторый момент времени t_0 .

Таким образом, для оптимизации защиты телеметрической информации в контурах управления критически важного объекта необходимо увеличивать количество каналов, по которым передается информация от сенсоров, либо совершенствовать алгоритмы обработки этой информации в устройствах систем мониторинга, либо оптимизировать в обоих направлениях.

Выводы

1. В контурах управления критически важного объекта наиболее уязвимыми являются линии связи и телекоммуникаций, которые обеспечивают передачу первичной информации о состоянии объекта управления от сенсоров в системах мониторинга, а также линии связи и телекоммуникаций, которые служат для передачи управляющих сигналов и команд исполнителям (исполняющим устройствам) в системах исполнения решений.

2. Для оптимизации защиты телеметрической информации в контурах управления критически важного объекта необходимо увеличивать количество каналов, по которым передается информация от сенсоров, либо совершенствовать алгоритмы обработки этой информации в устройствах систем мониторинга, либо оптимизировать в обоих направлениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрищев В.Е. Антитеррористическая защита критически важных объектов. 27.08.2014. Доступ: http://www.arms-expo.ru/new_politics_and_society
2. Методика отнесения объектов государственной и негосударственной собственности к критически важным объектам для национальной безопасности Российской Федерации, 2012. Доступ: http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/rOH6g8ruf.pdf
3. The Cybersecurity Executive Order. Exploiting Emerging Cyber Technologies and Practices for Collaborative Success [Электронный ресурс] / М. McConnell, S. Labarre, D. Sulek, M. McGowan. Доступ: <http://www.boozallen.com/media/file/BA13-051CybersecurityEOVP.pdf>. - Название с экрана.
4. System of Systems Engineerings / Keating, C, Rogers, R., Unal, R., Dryer, D., Sousa-Poza, A., Safford, R. Peterson, W., Rabadi, G. //Engineering Management Journal, Vol. 15, No. 3, -2003.
5. In the Dark. Crucial Industries Confront Cyberattacks. McAfee second annual critical infrastructure protection report [Электронный ресурс]. Доступ: <http://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-critical-infrastructure-protection.pdf>. - Название с экрана.

6. Ключевые системы информационной инфраструктуры [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ispdn.narod.ru/ksii.pdf> - Название с экрана.
7. Критически важные объекты информатизации. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://oac.gov.by/tzi/kvoi.html>. - Название с экрана.
8. Леоненко Г.П. Проблемы обеспечения информационной безопасности систем критически важной информационной инфраструктуры Украины. / Г.П. Леоненко, А.Ю. Юдин // Information Technology and Security. № 1(3) – 2013. p. 44-48
9. Гончаренко Ю.Ю. Защита информации - как один из ключевых аспектов предотвращения чрезвычайных ситуаций / Ю.Ю. Гончаренко, Е.Е. Сычков, В.В. Рыбко // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2012. – Вип. 1 (41). – С. 207 – 211.
10. Гончаренко Ю.Ю. Проблема управления экологической безопасностью прибрежных вод и пути ее решения / Ю.Ю. Гончаренко, Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк // Збірник наукових праць «Системи обробки інформації». – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 2 (100). – С. 271 – 275.
11. Гончаренко Ю.Ю. Компьютерный эколого-экономический мониторинг как информационно-техническое средство управления экологической безопасностью / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Наук.- техніч. журнал «Сучасний захист інформації». – Київ: ДУІКТ, 2012. – Спецвипуск. – С. 53 – 56.

Є.О. Яковлев

д.т.н.,

Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України

АВТОРЕАБІЛІТАЦІЙНЕ ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТ ДОНБАСУ ЯК КРИТИЧНИЙ ФАКТОР НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ЗОНІ ВПЛИВУ АТО

Сьогодні загально визнаним є той факт, що у гірничовидобувних районах Донбасу при несанкціонованій зупинці водовідливу шахт та кар'єрів у зоні АТО протягом року може виникнути загроза розвитку катастрофічного підтоплення та затоплення прилеглих міст та селищ, непрогнозованого руху вибухонебезпечних і токсичних газів (метан, радон) до промислової і житлової забудови, забруднення підземних та поверхневих джерел водопостачання. Для геологічного середовища (ГС) діючих і знятих з експлуатації шахт є характерними наступні параметри:

- активне тріщиноутворення і розущільнення вугленосних порід;
- руйнування регіональних водотривів (слабопроникних шарів) і збільшення проникності вугленосних порід для висхідної і латеральної міграції мінералізованих шахтних вод і техногенних забруднень;
- зменшення міцності і зчіплення порушених гірничими виробками порід з наступною активізацією просідань і горизонтальних зрушень денної поверхні;
- формування нових шляхів міграції вибухонебезпечних і токсичних газів.

Ситуація з несанкціонованим (некеруемим) затопленням шахт внаслідок військових впливів АТО (руйнування систем енергопостачання, вентиляції і ін.) суттєво ускладнюється через досягнення більшістю шахт критичних глибин більше 0.7-1 км за використання застарілого та низько-ефективного устаткування.

Критичний вплив порушеності ГС шахтних полів Донбасу на формування незворотних наслідків АТО можна побачити із співставлення відновлювальних (асиміляційних) потенціалів надр зониаврійного впливу ЧАЕС та вуглевидобувних робіт (табл.1).

Табл.1. Співставлення змін екологічного стану зон відчуження та безумовного (обов'язкового) відселення в результаті аварії на Чорнобильській АЕС і території впливу масового закриття шахт в Донбасі

Види екологічних впливів на НПС	Рівень впливу на навколишнє природне середовище (НПС)	
	Зона аварійного впливу Чорнобильської АЕС	Зона впливу масового закриття шахт
1. Ландшафтно-геохімічні	Аварійне радіогеохімічне забруднення з наступним автореабілітаційним очищенням (до 90% - до 2035 року за сучасними нормативами)	Поліелементне геохімічне забруднення ґрунтів та донних відкладів із руйнуванням форм рельєфу
2. Літосферні – порушення рівноваги надр як верхньої зони геологічного	Відсутність змін верхньої зони літосфери за межами промайданчику	Порушення рівноважного геомеханічного стану в результаті просідань, зрушень, техногенного тріщиноутворення

середовища та підгрунтя біосфери		
3. Гідрологічні: критичні зміни режиму та якості стоку поверхневих водних об'єктів (поверхнева гідросфера)	Короткочасне радіонуклідне забруднення поверхневого шару водних мас зі середньостроковим забрудненням донних відкладів (10-30 років)	Регіональне стійке забруднення поверхневого стоку за рахунок надходження шахтних вод, підробки русел та зростання розвантаження мінералізованих підземних вод глибоких горизонтів
4. Гідрогеологічні: підземні води (підземна гідросфера)	Слідові (на рівні регіонального фону) надходження радіонуклідів в ґрунтові та обмежено в напірні водні горизонти	Регіональне формування підземних вод підвищеної мінералізації внаслідок активної інфільтрації техногенних стоків, в тому числі забруднення ландшафтів, зростання агресивності ґрунтових вод та ґрунтів
5. Газогеохімічний, включаючи приземний шар атмосфери в зоні життєдіяльності	Короткочасне аварійне забруднення приземної атмосфери радіонуклідами та аерозолями, короткочасне вітропилове при сільгоспроботах	Насичення верхньої зони літосфери вибухонебезпечними газами в зоні впливу гірничих робіт, ризик формування потоків вибухонебезпечних газів по мірі закриття шахт
6. Інженерно-геологічний	Практична відсутність змін інженерно-геологічних умов (фізико-механічних та воднофізичних параметрів) породного масиву, за виключенням проммайданчику	Регіональне порушення рівноваги в системі "вода-мінеральний скелет порід: 1) підйом рівнів підземних вод; 2) зростання водонасичення породного масиву; 3) зниження міцності порід; 4) активізація небезпечних геологічних процесів (зсувів, карсту, підтоплення); 5) зростання агресивності ґрунтів та підземних вод
7. Інженерно-сейсмологічний	Відсутні, відносно стабільний стан, за виключенням деформації порід в основі будівель на проммайданчику ЧАЕС при телесеісмічних процесах	Зниження сейсмічної (інженерно-сейсмологічної) стійкості породного масиву в зоні впливу гірничих робіт на 1-3 бали, формування зон локальних гідромеханічних напруг та гірничих ударів (землетрусів), підвищення ризику деформацій та руйнувань площинних та лінійних споруд (трубопроводи, залізниці та ін.)

В сучасних умовах потенційного зростання в зоні АТО військових впливів на промислово-міські агломерації, в т.ч. ПНО та гірничо-шахтні комплекси, суттєво зростає загроза незворотних порушень рівноваги породного масиву внаслідок водонасичення критичним підтоплення і затопленням та аварійними деформаціями житлових і промислових комплексів, нафто-газопродуктопроводів, залізниці, мостів, дамб відстійників з токсичними відходами. Крім того, існує небезпека підтоплення і затоплення багаточисленних полігонів токсичних відходів, териконів вуглевидобутку, значна частина яких горить. У сукупності це призведе до незворотної втрати перспектив сталого розвитку, суттєвого зменшення зайнятості населення і зростання соціальної напруженості в суспільстві.

В той же час, Донбас – це найбільший у Світі вуглепромислова природно-техногенна геосистема (ПТГС) "гірничо-промисловий комплекс-навколишнє середовище", в межах якої за 200 років індустріальної історії видобуто до 12 млрд.м³ вугілля і порід, об'єм створених гірничих виробок перевищує 8 млрд.м³, а площа порушеної території сягає 15 тис.км². Шахтний комплекс Донбасу є стабільним джерелом викидів до 6 млрд.м³/рік вибухонебезпечних і токсичних газів (метан, радон та ін.).

Створена ПТГС регіону, де мешкало до 7 млн населення, включала більше 4000 потенційно небезпечних об'єктів, більше 300 шахт і кар'єрів, до 1200 териконів (з яких 300 горять). Небезпечне забруднення навколишнього середовища (поверхневих і підземних вод, ґрунтів і ін.) пов'язано з 1574 фільтруючими накопичувачами токсичних і забруднених стоків загальною площею 102 км². Критичний екологічний вплив на поверхневу і підземну гідросферу був обумовлений щорічним надходженням до 760 млн м³ забруднених мінералізованих шахтних вод (до 2.5 млн тон рік солей), що негативно впливає на екологічний стан транскордонного стоку р. Сіверський Донець та узбережжя Азовського моря, поверхневі та підземні водозабори (рис.1).

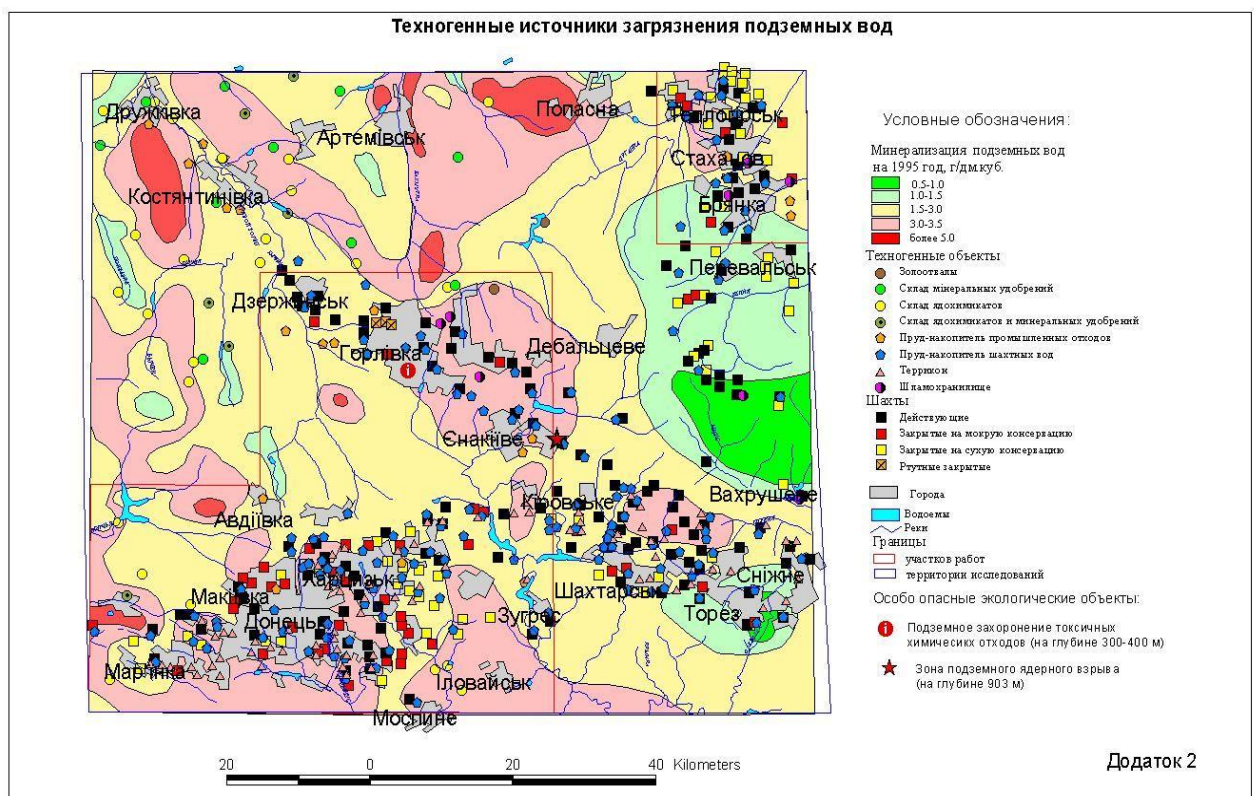


Рис.1. Техногенні джерела забруднення підземних та поверхневих вод центральної частини Донбасу (авт.к.г.-м.н. Слядnev B.O., 2002 р.)

Навіть до початку АТО більшість міст і селищ, особливо наближених до шахт і кар'єрів, знаходилися у небезпечному інженерно-геотехнічному стані внаслідок підтоплення (до 70%) та деформацій житлових і промислових будівель (рис.2-4). Значною мірою це обумовлено аномальними втратами води і тепла (до 50-70% і більше) із 59 тис. км водопровідно-каналізаційних і теплоенергетичних мереж та підйомом рівнів підземних вод при затопленні прилеглих (містоутворюючих) шахт і кар'єрів. Незворотні еколого-геологічні небезпеки для населення зони впливу АТО та прилеглих територій можуть виникнути внаслідок руйнування захисного водовідливу Микитівського ртутного руднику, шахти "Юнком" з каморою атомного вибуху та некерованими витокami забруднених вод з багаточисленних просторово розсереджених 2.5-3 тис. т.зв. "копанок"(шурфів стихійного видобутку вугілля). Крім того, додаткові небезпеки руйнівних деформацій житлових і промислових комплексів можуть бути спровоковані техногенними землетрусами (рис.5) при прискореному затопленні шахт внаслідок накопичення потенційної енергії та розвитку гідрогеомеханічних поштовхів при деформаціях породного масиву в зонах гірничих робіт (Стаханов, Краснодар, Дзержинськ, 2002-2009 рр.)

Але найбільші просторово-часові екологічні небезпеки слід пов'язувати з суцільним порушенням гірничими виробками вугленосних порід та розвинутих в них водотривів, які екранували витoki солоних глибинних вод разом з вибухонебезпечними і токсичними газами [1-3]. При затопленні шахт відбудеться зменшення міцності порушених порід, просідання поверхності з підтопленням і затопленням прилеглих міст і селищ, забрудненням підземних і поверхневих водозаборів.

В цілому некероване (аварійне) закриття численних шахт призведе до незворотної втрати геологічним середовищем своїх захисно-стабілізуючих функцій і перетворення Донбасу у екологічно фрагментований регіон з переважанням територій небезпечних для життєдіяльності.

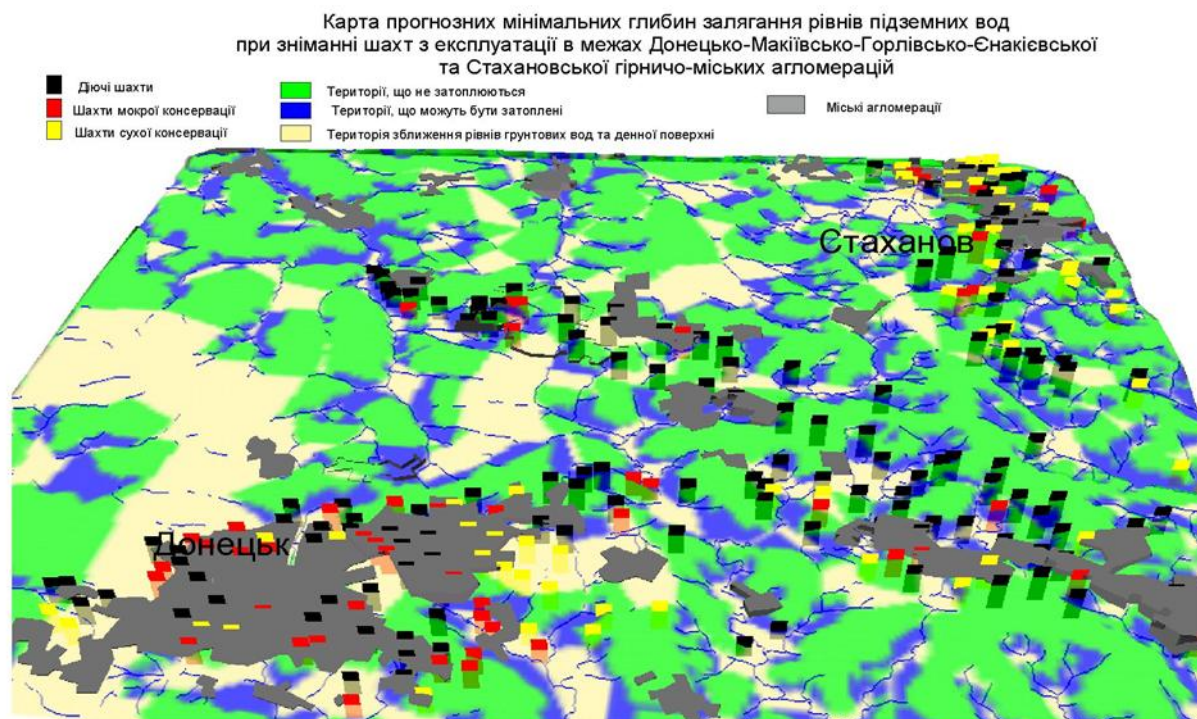


Рис.2. Схематична карта розподілу ділянок потенційного підтоплення при масовому затопленні шахт Донбасу (авт. к.г.н. Мельник І.В., д.г.н. Госк Е.В., 2002 р.)



Рис. 3. Приклад затоплення підвалу житлового будинку (м. Краснодар) в зоні некеруємого підйому рівнів шахтних вод



Рис. 4. Руйнівні деформації житлового будинку в зоні деформацій денної поверхні над виробками ш. "Кочегарка" (м. Горлівка).

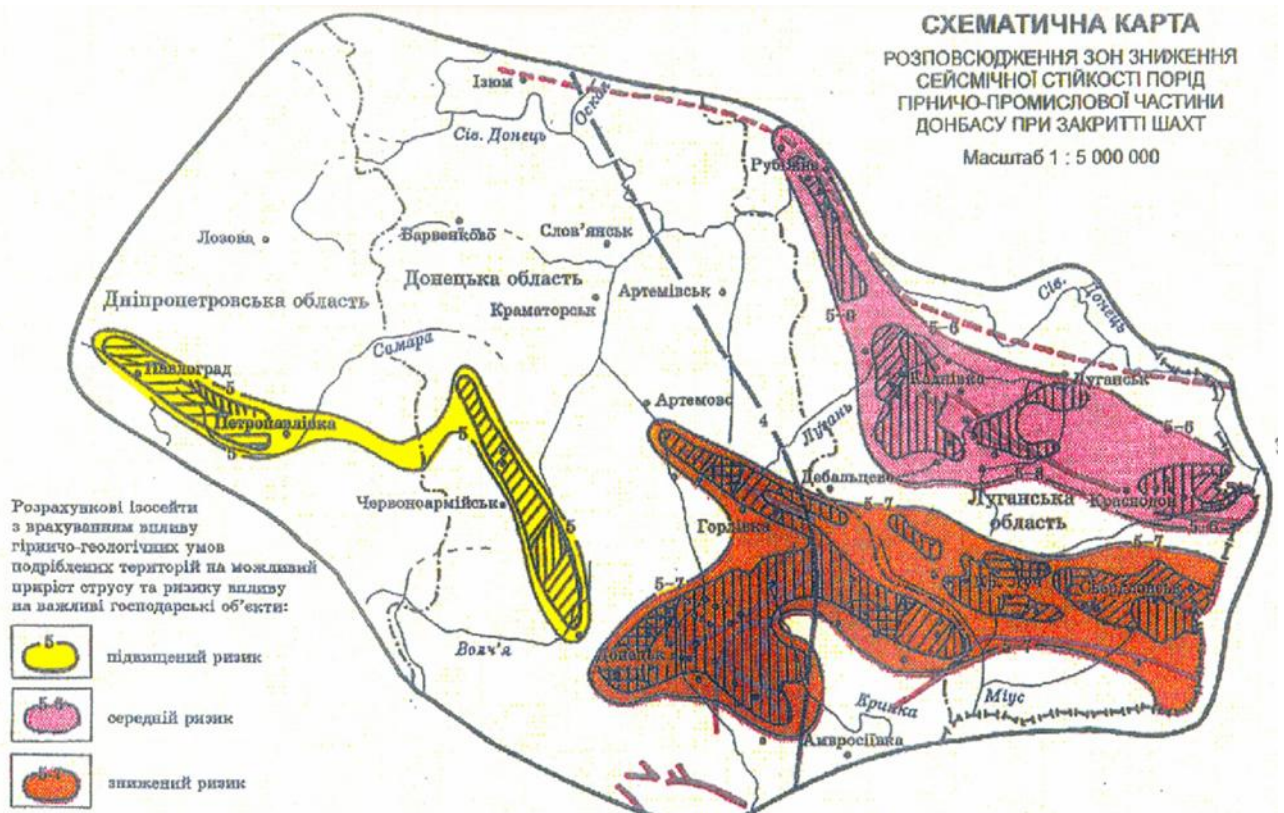


Рис.5. Території потенційного розвитку техногенних землетрусів та активних деформацій денної поверхні у вугледобувних районах Донбасу (авт. проф. А.В. Лущик, 1998р.)

Донбас практично сторіччя був регіоном-донором як СРСР так і України, яка займаючи 3% території Союзу, формувала до 23% його ВВП. Тобто техногенне навантаження на природний комплекс України на регіональному рівні було більше півсторіччя на порядок більшим (23%:3%~8 разів).

Але, на жаль, зараз практично не звертається уваги на те, що військові дії АТО відбуваються у крупнішому у Світі вугледобувному басейні із аномальними, часто незворотними та екологічно небезпечними змінами життєзабезпечуючих складових навколишнього середовища:

- геохімічних ландшафтів (грунтів);
- поверхневих і підземних вод;
- біорізноманіття;
- приземної атмосфери;
- порушення рівноваги порід та деформації денної поверхні.

Вище відмічалось, що в цілому у Донбасі розсереджено більше 4000 потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) за просторової щільності в 3 рази вище середньої. При цьому переважаюча частина з них є об'єктами критичної інфраструктури (ОКІ), які у більшості експлуатуються за умов наднормативної зношеності (до 70%), небезпечного зниження міцності порід підґрунтя внаслідок підтоплення, впливу корозії на конструктивні залізобетонні елементи житлових і промислових будівель, нафто- і газопроводів, мостів, підземних комунікацій тощо.

Висока щільність ПНО та ОКІ в межах локальних екосистем обумовлює за умов АТО надзвичайну вразливість об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), природно-техногенних геосистем (ПТГС) «ПНО+ ОКІ – навколишнє середовище (НС)», в зонах впливу яких мешкає більше 3,5 млн. людей. Крім того, за оцінками Всеукраїнської екологічної ліги (ВЕЛ, Тимочко Т.В.), Інститутів НАНУ та ін. установ в зоні критичних впливів бойових чинників АТО відбувається комплексне руйнування екологічного каркасу

ландшафтів, поверхневої і підземної гідросфери, біорізноманіття, тобто стратегічних життєзабезпечуючих ресурсів (СЖЗР).

Сучасне зростання комплексної техногенно-екологічної, економічної та соціальної небезпеки регіону Донбасу значною мірою пов'язана із скороченням шахтного водовідливу (з 2,2 млн. м³/добу, до 1,4 млн. м³/добу (у 2013-2014 рр.) і менше, що обумовлено як безпосереднім впливом бойових дій на енергопостачання та технологічні шахтні комплекси, так і з скороченням вуглевидобутку, в т.ч. із нерентабельних шахт, більшість яких є містоутворюючими та моносировинними.

За умов потенційного територіального впливу підтоплення внаслідок затоплення шахт на площу з населенням 3,5 млн. людей і середньому терміні затоплення шахт 10÷15 років це дозволяє за консервативною схемою оцінити орієнтовну кількість людей, безпека життєдіяльності яких буде критичною, на рівні «екологічних біженців»:

$$N \approx 3,5 \cdot 10^6 : [(10 \div 15) \times (2,2 \cdot 10^6 : 1,4 \cdot 10^6)] = 150 \div 230 \text{ тис. людей/рік}$$

Одночасно, за умов територіального підйому рівнів підземних вод, в т.ч. мінералізованих, до критичних глибин (<3м від поверхні) в межах раніше сформованих площ осідання (до 90% від сумарної товщини видобутих вугільних шарів) прискориться процес додаткових (вторинних) осідань і горизонтальних зрушень поверхні, небезпечних деформацій житлових і промислових комплексів, нафто-газо-продуктопроводів, ділянок залізниці, ПНО та об'єктів критичної інфраструктури (рис.1-4).

Слід вже зараз прийняти до уваги, що більшість процесів, пов'язаних з некерованим затопленням гірничо-шахтного простору багаточисельних шахт та т.зв. "копанок" (до 2500 об'єктів) буде мати ланцюговий і, навіть, синергічний характер.

У якості прикладу можна навести наступні послідовності:

- «втрата енергопостачання – затоплення насосних установок шахт – некерований підйом рівня до денної поверхні – підтоплення (затоплення) ПНО (ОКІ)»;

- «руйнування інженерно-технологічного комплексу шахти – розвиток небезпечних деформацій вуглепородного масиву (геологічного середовища) шахтного поля – небезпечний вплив на прилеглі міста і селища (просідання, зсуви, руйнування інженерних, водопровідно-каналізаційних та теплоенергетичних мереж та ін.).

В цілому, як свідчать дослідження фахівців з проблем параметризації еколого-техногенних ризиків (проф. Лисенко О.І., ак. Шестопапов В.М., чл.-кор. Лисиченко Г.В., чл.-кор. Трофимчук О.М., проф. Рудько Г.І., проф. Качинський А.Б., , к.г.-м.н. Лютий Г.Г., к.т.н. Іванюта С.П., к.т.н. Бігун В.В., к.т.н. Гречанінов В.Ф., к.т.н. Бірюков Д.С., Могільніченко В.В., к.т.н. Уряднікова І.В., д.т.н. Чумаченко С.М. та ін.) нам уявляється, що за умов АТО, взаємопов'язаних незворотних порушень складних ПТГС «ПНО – НС», «ОКІ – НС», або «військова ПТГС – НС» та високої територіальної концентрації ПНО+ОКІ потрібно виділення еколого-техногенної категорії «територія критичного стану інженерної інфраструктури (ТКС П)». Крім того, як свідчить наш досвід оцінки прогнозних змін еколого-техногенних загроз БЖД зони АТО та прилеглих екологічно пов'язаних територій (річкові басейни, верхня зона надр, ландшафтні системи ПЗФ, частини басейнів підземних вод та ін.), прийшов час більш системного і вірогідного обґрунтування прогнозів еколого-техногенних змін БЖД та пов'язаних з ними соціально-економічних та, навіть, геополітичних прогнозів, в т.ч. з урахуванням екофакторів АТО у крупнішому у Світі вугільно-промисловому мегареґіоні.

Підсумовуючи оцінки на цей рахунок, в т.ч. які були обґрунтовані фахівцями різних галузей (акад. Лялько В.І., акад. Шестопапов В.М., чл.-кор. Трофимчук О.М., к.т.н. Бігун В.В., Малков В.М., Тимочко Т.В., к.т.н. Стрижельчик Г.Г., к.т.н. Соколов В.А. та ін.), уявляється можливим визначити дворівневу структуру узагальнених еколого-техногенних ризиків в зоні АТО, які з високою ймовірністю будуть підсилюватися впливом вищезазначених наслідків затоплення шахт:

1. **Пошуково-оціночний**, який пов'язаний з відповіддю на запитання «**Що відбудеться, якщо...?**»;

2. Інженерно-нормативний – «Що слід зробити, щоб БЖД було на достатньому рівні?».

Відповідь на друге запитання є дуже складною сьогодні, бо в зоні АТО і на прилеглих територіях практично зруйнована система екологічного моніторингу (табл.2). **Можна сказати, що життєдіяльність населення і військового персоналу АТО відбувається в умовах «екологічної сліпоти» і обумовлених цим значних додаткових небезпек.**

Але без інформаційно дієздатного моніторингу довкілля та випереджаючих науково обґрунтованих екопрогнозів, як свідчать факти, суттєва частина сучасних відновлювальних заходів (реконструкція водозаборів, очисних споруд, інженерних мереж, нова забудова та ін.) втрачають ефективність через недосконалі еколого-техногенні прогнози внаслідок недостатнього врахування техногенного підтоплення, деформацій поверхні, забруднення підземних і поверхневих вод, міграції токсичних сполук в зонах затоплення полігонів токсичних відходів, руйнування об'єктів ПНО та ОКІ та ін.

Табл. 2. Провідні еколого-геологічні фактори потенційних загроз АТО безпеці життєдіяльності внаслідок некеруємого масового закриття вугледобувних шахт Донбасу

Види впливу закриття шахт на геологічне середовище	Склад еколого-геологічних факторів впливу закриття шахт	Просторово-часова стійкість еколого-геологічних факторів впливу закриття шахт
1. Ландшафтно-геохімічні	Геохімічне поліелементне забруднення ландшафтів, ґрунтів та донних відкладів	Регіональне довгострокове порушення структури природних геохімічних ландшафтів
2. Літосферний – порушення геомеханічної рівноваги надр	Порушення рівноважного геомеханічного стану в результаті просідань, зрушень, техногенного тріщиноутворення	Незворотні деформації поверхні та структури полів геомеханічних напруг у породному масиві
3. Гідрологічний: критичні зміни режиму та якості стоку поверхневих водних об'єктів (поверхнева гідросфера)	Регіональне забруднення поверхневого стоку внаслідок некеруємого витоку шахтних вод, порушення русел, забруднення водозаборів	Уповільнена стабілізація еколого-ресурсних параметрів поверхневих водних об'єктів, довгострокове збільшення витоку мінералізованих підземних вод
4. Гідрогеологічний: критичні зміни рівнів та хімічного складу підземних вод (підземна гідросфера)	Автореабілітаційне підвищення рівнів підземних вод з розвитком підтоплення і затоплення земель, зростання площ техногенного забруднення горизонтів внаслідок висхідного перетоку мінералізованих вод у зонах порушень водотривів та інфільтрації техногенних забруднень	Скорочення площ формування прісних підземних вод, зростання уразливості забрудненню водоносних горизонтів, активізація взаємодії підземних і поверхневих вод
5. Газогеохімічний – активізація висхідної міграції вибухонебезпечних та	Насичення верхньої зони літосфери та приземної атмосфери вибухонебезпечними та	Довгочасове збільшення витоків вибухонебезпечних та токсичних газів в у

токсичних газів з вугленосних товщ, а також внаслідок горіння териконів	токсичними газами (підвалини будівель, пониження рельєфу)	породи зони аерації та приземну атмосферу
6. Інженерно-геологічний -регіональне порушення геомеханічної та динамічної рівноваги системи «вода-мінеральний скелет порід»	Зростання водонасичення породного масиву, зниження міцності порід, активізація небезпечних геологічних процесів (просідань і зрушень поверхні, утворення зсувів, карсту, підтоплення)	Зменшення несучої здатності порід підгрунтя, довгострокове збільшення ураженості території небезпечними екзогенними геологічними процесами
7. Інженерно-сейсмологічний -сейсмотехногенні та гідрогеодеформаційні струшування породного масиву	Зниження інженерно-сейсмогеологічної стійкості породного масиву (на 1-3 бали), формування зон локальних концентрацій гідромеханічних напруг (гірничих ударів), формування ризику деформацій та руйнувань площинних та лінійних споруд (будівлі, трубопроводи, залізниця та ін.)	Збільшення струшуваності при транзитних землетрусах до 1-3 балів, ризик довгострокової додаткової активізації зсувів, осідань і зрушень денної поверхні, руйнівних деформацій інженерних споруд

Тому, інтегруючи думки провідних фахівців-екологів України (ак. Шестопалова В.М., ак. Лялько В.І., проф. Шевчука В.Я., Тимочко Т.В., д.е.н. Хлобистова С.В., проф. Міщенко В.С., проф. Качинського А.Б., чл.-кор. Трофимчука О.М., Антоненко В.Є, проф. Коржнева М.М., д.т.н. Чумаченко С.М., проф. Рудька Г.Г. та ін.) можна дійти однозначного висновку, що потрібний екологічний імператив у розвитку Донбасу, як найбільш критичного регіону у державі.

Враховуючи зростання загрози територіальних руйнівних змін життєзабезпечуючих складових навколишнього середовища регіону Донбасу (біорізноманіття, гідросфера, приземна атмосфера, геологічне середовище) при збільшенні аварійного затоплення шахт та ризик втрати природно-ресурсного потенціалу для його збалансованого розвитку, уявляється необхідним рекомендувати:

1. Терміново створити при Міністерстві з питань тимчасово окупованих територій та внутрішньо переміщених осіб України експертно-аналітичну раду з фахівців наукових, адміністративних та природоохоронних установ обох сторін конфлікту для оцінки природно-техногенних загроз безпеці життєдіяльності некерованого (аварійного) затоплення вугледобувних шахт та ризиків незворотних втрат промислово-територіальних комплексів, руйнування систем і об'єктів критичної інфраструктури – тепло-водоенергопостачання, транспортних мереж, нафто-газопродуктопроводів і ін.

2. Терміново провести комплексний екологічний аудит стану території зони військового конфлікту та прилеглих територій з **визначенням переліку природних ресурсів (земельних, водних, мінерально-сировинних, біотичних та ін.) як основи збалансованого розвитку.**

3. Організувати роботи з відновлення екологічного моніторингу зони впливу АТО та прилеглих територій із залученням матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), контактного моніторингу та математичного моделювання можливих сценаріїв розвитку ситуації на Донбасі із залученням інститутів НАН України, ДСНС та Міністерства екології і природних ресурсів.

4. Провести перемовини щодо виключення воєнно-техногенного впливу на системи водовідливу та вентиляції шахт з метою попередження катастрофічних порушень (підтоплення і затоплення територій міст і селищ, деформацій поверхні та ін.) умов функціонування критичних систем життєзабезпечення населення Донбасу та руйнівних деформацій житлових і промислових об'єктів і комплексів внаслідок некерованого підтоплення та затоплення територій, руйнування денної поверхні та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яковлев Є.О. Теоретичні основи оцінки часу затоплення шахт і кар'єрів. Мінеральні ресурси України, №2, 2010, С: 35-39.

2. Яковлев Є.О. Асиміляційний потенціал геологічного середовища гірничо-добувних регіонів України як провідний показник екологічних проблем надрокористування. Мінеральні ресурси України, №4, 2015, С: 37-43.

3. Довгий С.О., Коржнев М.М., Трофимчук О.М., Яковлев Є.О. та ін. Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні. Київ, "Ніка", 2012, 316 с.

УДК 532.527+551.515.3+551.345

В.Ф. Кондрат
док. фіз.-мат. наук, с.н.с., доцент

Я.Й. Лопушанський
канд. фіз.-мат. наук, доцент

М.М. Семерак
док. техн. наук, професор

ВОГНЯНІ ТОРНАДО У МІСТАХ

Вогняні торнадо утворюються у місті, коли розрізнені вогнища пожеж об'єднуються в одне величезне вогнище. Повітря над ним нагрівається, його густина зменшується і воно піднімається вгору. Знизу на його місце надходять холодні маси повітря із периферії, які забезпечують процес киснем, нагріваються і теж піднімаються вгору. Утворюються стійкі доцентрово спрямовані потоки. Утворюється тяга, як у димовій трубі. В кінцевій стадії напір плазми досягає ураганних швидкостей і температура підскакує до 1000 °С. Все, що не горить, починає плавитися або деформуватися. Процес продовжується до тих пір, доки не згорить все, що може горіти. Додатковим уражаючим фактором є відсутність кисню на території, охопленій вогняним смерчем. Тому люди, які сховалися у підвалах, помирають також від задухи.

Ключові слова: *вогняне торнадо, вирва, температура, ураган, швидкість, тиск, тяга, вихор.*

FIRE TORNADO IN URBAN AREAS

Fire tornado formed in the city, where scattered pockets are combined into one huge fire. Air above it is heated, its density decreases and it rises. Below in its place comes the cold air mass from the periphery, which provide process oxygen, heat and also rise up. Formed stable flows directed centripetal. Formed bent as in the stack. In the final stage of pressure plasma reaches hurricane speeds and the temperature rises to 1000 °C. Anything that does not burn, melt or begins to reform. The process continues as long as not burn anything that can burn. Additional damaging factor is the lack of oxygen in the territory, covered by the tornado of fire. So people who took refuge in the basement, also died of asphyxiation.

Keywords: fire tornado, funnel, temperature, hurricane, velocity, pressure draft, vortex.

Вступ. Торнадо (іспанське tornado від tornar – повертатися так називають це явище в Америці, в Європі воно зветься тромбом (італійське tromba, букв. – труба). В Україні це явище називають також смерч („смерк, смеркання” напівтемява, яка настає після заходу сонця), оскільки смерч з'являється із чорних грозових хмар, що застеляють небо. Надворі темніє. Торнадо можуть створювати непередбачувані ефекти. За свій паскудний характер отримало назви: „пиловий диявол”, „чорний диявол”, „чудовисько”, „монстр”, „убивця”, „роги диявола” та ін.

Торнадо – природне, досі до кінця нерозгадане явище. Має жахливу руйнівну силу, здатне пересуватися по землі з швидкістю кур'єрського поїзда, і тому воно смертельно небезпечне. Навіть за короткий період свого існування смерч може спричинити величезні

руйнації. Руйнівна сила торнадо залежить від його розміру, часу його контакту із землею, а також від того, чи вдаряє він по густонаселених районах. Середня швидкість пересування торнадо по землі 4050 км/год (у рідкісних випадках може сягати 210 км/год), а от швидкість вітру може сягати 500 км/год. Швидкість потоків у смерчі сягає звукових і навіть надзвукових швидкостей. Абсолютна більшість смерчів обертаються проти годинникової стрілки у північній півкулі і за годинниковою у південній [1].

Енергія типового смерчу радіусом 1 км і середньою швидкістю 70 м/с, за деякими оцінками, дорівнює енергії еталонної атомної бомби в 20 кт тротилу. Щороку у всьому світі від смерчів гинуть близько 400 осіб. Так тільки за останні 50 років в США від торнадо загинуло більше 5 000 людей. Торнадо щорічно завдають економіці країн збитків на сотні мільярдів доларів.

Орієнтовні параметри торнадо [2]:

Параметри	Мінімальне значення	Максимальне значення
Висота видимої частини смерчу	10—100 м	1,5—2 км
Діаметр біля землі	1—10 м	1,5—2 км
Діаметр біля хмари	1 км	1,5—2 км
Лінійна швидкість стінок	20—30 м/с	100—300 м/с
Товщина стінок	3 м	
Пікова потужність за 100 с	30 ГВт	
Тривалість існування	1—10 хв	5 год
Довжина шляху	10—100 м	500 км
Площа руйнування	10—100 м ²	400 км ²
Вага піднятих предметів		300 т
Швидкість пересування	0	150 км/год
Тиск всередині смерчу	0,4—0,5 атм	

Вогняні торнадо утворюються, коли розрізнені вогнища пожеж об'єднуються в одне величезне вогнище. Повітря над ним нагрівається, його густина зменшується і воно піднімається вгору. Знизу на його місце надходять холодні маси повітря із периферії, які забезпечують процес киснем, нагріваються і теж піднімаються вгору. Утворюються стійкі доцентрово спрямовані потоки. Утворюється тяга, як у димовій трубі. В кінцевій стадії напір плазми досягає ураганих швидкостей і температура підскакує до 1000 °С. Відомості про вогняні торнадо зустрічаємо у старовинних літописах [3].



Вогняний торнадо. США, 2011 р.

1110 рік. У Києві 11 лютого: „Явился столп огненный от земли до неба, а молния осветила всю землю и в небе прогремело, и все видели”.

1230 рік, Київ „С неба сошел „огонь великий”, как облако над ручьем „Лыбедь”.

1381 рік. На східній стороні неба являвся „столп огонь”. Сильная гроза: был „гром страшен очень и вихрь силен вельми.”

Третього червня 1527 р. у Львові вибухнула жадлива пожежа [4], котра знищила практично усе місто. Пожежа розпочалася з бровару, котрий знаходився навпроти костелу Францисканців. Дув сильний західний вітер, який переніс вогонь на вулиці Краківську і Вірменську. З іншого боку бровару вогонь поширився на вулиці Гродську (Театральну) і Галицьку. Вітер був таким потужним, що переніс палаючі частини даху Краківської брами на Високий Замок і там теж розпочалася пожежа, а звідтіля вогонь перекинувся на Знесіння. На пл. Ринок обидва палаючі потоки з'єдналися і з подвійною силою вдарили на східну частину середмістя. Вогонь знищив, або пошкодив майже усі будівлі міста; неушкодженими залишилися лише мури ратуші (вежа згоріла), костелу св. Хреста (Францисканців) і один-єдиний будинок міщанина Яна Броди.

1698 р. Солікамськ: „Было знамение страшное над самим городом и окрестными селами. Сперва пошел черный густой дым, а потом составилось облако толь мрачное, что не могла распознать друг друга. Мрак сей продолжался полчаса, а посем покрылся весь град огненною тучею, из коей сыпался пепел с искрами (явление продолжалось около 5 часов вечером и ночью) [3].

1704 р., Солікамськ, „В этом году 15 июля случилось такое явление, как в 1698 г. ... видимая огненная дуга пожгла не только дома их и леса, но даже травы, скот и зверей, в лесу находившихся” [3].

Велика пожежа у Лондоні (англ. Great Fire of London) – назва пожежі, яка охопила центральні райони Лондона з неділі, 2 вересня, по середу, 5 вересня 1666 року. Незважаючи на земляні вали, збудовані жителями Лондона для локалізації пожежі, вона охопила практично все місто, котре складалось, в основному, з дерев'яних будівель, багато з яких були криті соломою, розділених вузькими вуличками. Наплив горячого повітря над вогнем зумовив сильну тягу; під дахами будівель приплив повітря навпаки був малий, із-за чого на рівні землі виник понижений тиск. У результаті сильний вітер не допоміг загасити вогонь [25]; навпаки, приплив до полум'я свіжого кисню, турбулентність, що виникла, допомогли вогню поширитися далше. Виникло вогняне торнадо.

„Вогонь поширюється і зупинити його неможливо. Гігантська вогняна дуга з мильо довжиною перекинулася із одного кінця мосту на другий, вбігла на пагорб і вигнулася, ніби лук. Видовище завдало мені глибокий смуток”, описує ситуацію чиновник Семюел Піпс у своєму щоденнику [5].

Вогонь поглинув не тільки дерево, тканини і солому, але і олію, смолу, вугілля, жир, сало, цукор, спирт, скипидар і порох, які зберігалися у надрічковому районі; розплавилася сталь, що зберігалася вздовж причалів (температура плавлення від 1 250 °C до 1 480 °C), і залізні ланцюги і замки на воротах Сіті (температура плавлення від 1 100 °C до 1 650 °C). Пожежею було знищено в Лондоні 13500 будинків, близько 90 церков (включаючи кафедральний собор Св. Павла), 50 складів і багато громадських будівель; близько 70 тисяч людей стали бездомними. Лише 5 вересня інтенсивність пожежі почала спадати, а 6-го вересня її вдалось загасити. Вогонь пожежі був настільки сильним, що його було видно за 50 кілометрів. Збитки становили понад мільярд фунтів стерлінгів (курсом на наш час).

Пожежа на Подолі (Київ), 1811 р. одна із найбільших і катастрофічних пожеж в історії Києва, „третьою від заснування цього древнього міста і першою від часів Батия”. Суха, спекотна погода сприяла горінню дерев'яної забудови (дерев'яним було навіть вуличне покриття). Вогонь спалахнув вранці 9 липня приблизно о 10 год. Із дзвіниці тривожно вдарив набат.

„Але подив охопив жителів, коли вони майже одночасно почули із усіх дзвіниць нещасну вістку і тоді ж побачили страшний вогонь в чотирьох або п'яти протилежних кінцях міста....

Тоді було літо спекотне і сухе, отже, дерев'яні дахи будинків легко загорялися від падаючих іскор; підсилене полум'я порушило рівновагу атмосфери і учинило бурю, яка розносила іскри і головешки на величезний простір і поширювала пожежу з такою швидкістю, що впродовж трьох годин Києво-Поділ зробився вогняним морем. Хто не встиг завчасно врятуватися, бігаючи тісними вулицями, не зміг вже відшукати виходу і став жертвою лютої стихії. Багато загинуло в погребях або у церквах;... задихнулися від диму” [6].

Папери летіли за 36 верст, до міста Василькова, а дим вдень і заграву вночі можна було бачити за 100 верст. Самі вулиці, вимощені деревом, слугували провідником вогню. Панічний жах охопив жителів. Здавалося, ніби Київ знову переживав ті давноминулі часи, про які у давніх літописах пишуть, коли „по вся дни загорашеся неведеаемо, и не смеяху людие жити в домех, но на поле живяху”.

Підтвердження того, що в пожежі на Подолі виникало вогняне торнадо, знаходимо у споминах письменника Федора Глінки (1786-1880):

„Серед найбільш заселеної частини Києва, на Подолі, почалася пожежа ... раптом чорні хмари диму затьмили сонце і закрили небозвід. Поривчатий вихор, закручуючи пилюку, дим і горячий попіл, заносив цілі палаючі головешки і розкидав їх повсюдно. Вогняні стовпи показалися у різних місцях раптово, і полум'я охопило весь Поділ. Біда стала неминучою і всезагальною; день перетворився у ніч; кожна величезна будівля уявлялася вогнедишним жерлом, вивергаючим полум'я, дим і попіл, кам'яні будинки горіли і з тріском розпадалися; пишні храми палали; сотні малих хижин миттєво перетворювалися на попіл.” [7].

В цілому вогняний смерч за три дні (9-11 липня) знищив понад 2 тисячі будинків, 12 церков, 3 монастирі, перетворивши Поділ у суцільне попелище.

Москва вересень 1812 р. Виникали вогняні торнадо і під час пожежі Москви у 1812 р. Про них згадується у споминах очевидців. Наведемо деякі із них.

„Коли настала темнота, у декількох кварталах спалахнули пожежі. Майже одночасно запалало десять тисяч крамничок на ринку, казенні магазини фуражу, вина (тринадцять мільйонів кварт), горілки, військових припасів і пороху. Жодних засобів гасіння не було – ні пожежних екіпажів, ні навіть відер для води. За наказом Ростопчина все було знищено або вивезено”. (Спомини британського генерала Роберта Вільсона, який перебував тоді при штабі М. І. Кутузова) [8].

„Пожежа Москви із пожираючим шаленством охопила все місто, перетворивши його у суцільний океан вогню. Всі дворянські будинки, всі торгові склади, всі громадські споруди, всі крамнички, все, що тільки могло горіти, палало, ніби зачароване якимось закляттям. Усі ці пожежі, які з'явилися вдень у різних місцях з появою поривистого вітру, з'єдналися в одну жакливу, і настільки підсилилися, що до півночі навколо Кремля нічого не було видно, крім завихреного полум'я, що звивалося у повітрі над хмарами (Ф. І. Корбелецький) [9].

Вогонь, який затопив різнобарвними хвилями місто, наяву спадав із небес; всі очевидці відмічали той стрімкий вихор, що носив над Москвою полум'яну стихію.

„По всіх вулицях плили вогняні ріки; величезні будівлі із гуркотом руйнувалися; жаклива буря із ревом, зриваючи із будинків цілі дахи і великі палаючі колоди, розносила їх по повітрю на далекі відстані”.

У розрідженій атмосфері виникали моторошні, неправдоподобні видіння, які перевершували все, що здатна уявити людина.

„...Під вечір була настільки сильна буря, що людині не можна було встояти на ногах; стовпи, прикуті залізом, і парасолі на галереї зірвало, пісок і щєбінь несло повітрям, а іскри, вугілля і головешки сипали, як вогненний дощ. ...Безкрає полум'я, що охопило всі частини Москви і її околиці, представляло океан вогняний! дим, все це представляло страшну картину, яку ніяким пером не описати!!!”

„Большой театр представляв собою палаючу масу. ...Але як тільки ми опинилися посередині вулиці, вітер так сильно раздув полум'я, що вогонь перекинуло на іншу сторону і утворилося щось подібне до вогняного куполу. Це може видатися перебільшенням, але це суцільна правда”. (французька актриса Фюзі) [8].

Наполеонівський лікар, знаменитий хірург Ларрей, який спостерігав за пожежею збоку, згадував цілком фантастичну панораму: „З усіх сторін до самого неба, покриваючи весь горизонт, здіймалися величезні різнокольорові стовпи вогню, поширюючи на далеку відстань яскраву заграву. Ці вогняні снопи, розкидані в усі боки і втягнуті сильним вітром із зловісним свистом, швидко піднімалися вгору” [8].

Двісті-триста росіян, запідозрених у підпалах, були страчені, але пожежі продовжувалися із непослабною силою.

Із 9158 житлових будинків пожежа знищила 6532, із 8521 крамничок— 7153, із 329 церков — 122. Згорів університет з його архівами, колекціями, бібліотекою, а також багато садиб із безцінними збірками творів мистецтва. Наполеон підтверджує, що у Москві під час пожежі у вогні загинуло понад 30 000 поранених російських солдатів і офіцерів.

Деякі дослідники вважають, що обидві грандіозні пожежі (у Києві 1811 р. і у Москві 1812 р.) були елементами російської тактики випаленої землі, яку практикували потім, у роки Другої світової війни, зокрема, загони НКВД при знищенні мирних сіл на території Західної України.

Велика чиказька пожежа, 1871 р. Пожежа дуже швидко зробилася повсюдною, ніким не контрольованою і набула абсолютно сюрреалістичні риси [10]. Виникла гігантська вогняна буря зі стіною вогню і вітром, яка рухалася зі швидкістю близько 180 км/год.

„Величезні кам'яні і цегляні будівлі плавилася і танули, як сніжинки у воді і майже так само швидко. Шестиповерхова споруда, спалахнувши, зникла за п'ять хвилин. Дивні, фантастичні вогні синього, червоного і зеленого кольору вигравали на карнизах споруд”.

„Полум'я, яке знищило більшу частину Чікаго, мало незвичний характер. Вогонь поглинув 17450 будівель. Вогонь розплавив будівельне каміння, яке раніше вважалося вогнетривким. Залізо, скло, граніт, спеклися у гротесковий конгломерат, ніби пройшли крізь доменні печі. У дворі одного із крупних сільськогосподарських заводів були складені декілька сотень тонн чавуну. Відстань від металу до будь-якої будівлі 200 м. На південь ріка, 150 футів шириною. Але жар був таким, що ця грудка чавуну розплавилася і перетворилася у суцільну масу”.

Один мешканець неподалік від Порт-Гурон (Мічіган) спорудив в ямі укриття. Рев був страшний. Він бачив, як тікали, відчувши небезпеку, тварини. Рев наростав, повітря стало важким, хмари пилуки і золи раптом осіли, і він зміг побачити полум'я крізь дерева. Воно не йшло по землі і не стрибало з дерева на дерево, воно прийшло як торнадо. Коли він вранці вибрався назовні, не було ні дерев, ні будинку, ні млина, все ніби зголило і вимело.

Пештиго, 1871 р. Всього в декількох сотнях миль від Чікаго в той же час на півночі Вісконсіна у Пештиго (Peshtigo) вирувала небачена вогняна негода, яку вважають найбільшою лісовою пожежею за всю історію. Тоді загинуло більше людей, ніж у ході будь-якої подібної події в історії США. Мешканці містечка почули страшний гуркіт, і в ту ж мить небо заповнилося хмарами полум'я. Свідки стверджують, що вогонь не зійшов поступово від лісової пожежі або ще чогось. Вихор полум'я упав зверху. Багато людей загинуло миттєво, ледве вдихнувши розжарене повітря. Вогонь спалив доценту площу в 5180 км²; 17 міст перетворилися на попіл. Найбільше від стихії постраждало невелике містечко Пештиго. Воно було практично знищене, а майже всі мешканці згоріли живцем. Приблизні оцінки свідчать про 2500 загиблих, загальний збиток склав 200 мільйонів доларів. Люди в паніці тікали від вогню, кидаючись у річки, колодязі та інші водойми, що викликало переохолодження. Вогонь був настільки страшний, що смерч, який кидав у повітря будинки, плавив цеглини. Люди в Пештиго спалахували, як свічки. Ускладнював ситуацію сильний вітер, а також те, що всі сили пожежників в околицях були кинуті в Чікаго.

Вогняне торнадо супроводжувалося електричними явищами, а неймовірний жар залишив після себя дещо дивну картину. Пожежний латунний дзвін розплавився. Ложки у магазині злилися у суцільну масу. Від залізничних вагонів залишилося частково розплавлене залізо. Кам'яний мур фабрики перетворився у руїни. Цегляні труби розсипалися.

Покази свідків: „Не можу описати це торнадо, воно вдарило і пожерло селище. Здавалося, вогняні демони пекла спустилися”. „Небо ніби вкрили вогненным брезентом”. „Небеса розверзлися, і пішов дощ вогню”. „Безжалісний дощ вогню і піску”.

Утворення такого природного феномену, як вогняний смерч, було досконало вивчено владою США і під час Другої світової війни при бомбуваннях Європи уряди Великобританії і США уважно вивчали природні умови (напрямок вітру, топографічні особливості і т. ін.), щоб добитися аналогічного ефекту.

1 вересня 1923 р. в Японії відбувся землетрус магнітудою 8,3 бала, відомий як „Великий землетрус Канто”. Землетрус стався в обідній час, коли багато людей займалися приготуванням їжі. Це і стало причиною численних пожеж, які швидко поширилися під впливом прибережних тайфунів; по місту буквально гуляли вогненні вітри. Землетрус також викликав хвилю цунамі, додавши жертв і руйнувань. На площі Мілітері-Клозінг-Депо, куди люди бігли рятуватися від вогню, будинки навколо площі раптом спалахнули всі разом; виникло вогняне торнадо. Вогонь засмоктував повітря з такою силою, що за сотні метрів від нього неможливо було встояти, щоб не занесло у бушуюче полум'я. Кисень витратився моментально; від задухи на цій площі за 15 хвилин загинуло близько 40 тисяч осіб. В результаті землетрусу і пожеж у вересні 1923 р. в Японії загинуло близько 175 тисяч чоловік, ще майже півмільйона пропали безвісно. Матеріальні збитки вимірювалися мільярдами доларів і в п'ять разів перевищили витрати Японії на російсько-японську війну [11].

Вогняне торнадо у Другій світовій війні. Під час Другої світової війни американським і британським командуванням військово-повітряних сил була розроблена технологія організації і проведення масованих бомбових ударів по крупних містах, яка забезпечувала максимальні руйнування і максимальну кількість жертв серед мирного населення [12-15].

В основу була покладена ідея утворення над містом „вогняного смерчу” – штучне атмосферне явище, коли мільйони тонн повітря утворюють над вогнищем загорання великої площі гігантську перевернуту вирву із величезною тягою і високою температурою в епіцентрі. Однією із важливих умов виникнення вогняного торнадо є наявність на території ураження достатньої кількості дерев'яних споруд і конструкцій. Тому в листопаді 1941 р. в Англії був складений список „Унісон”, в який увійшли 19 крупних німецьких міст, що підлягали знищенню.

Сама методика знищення міст ґрунтувалася на килимних бомбуваннях, що виконувалися різними типами бомб у визначеній послідовності, через прораховані інтервали часу:

1) першою хвилею авіанальоту скидалися фугасні бомби середнього калібру, щоб зруйнувати дахи і оголити дерев'яні конструкції споруд;

2) другою хвилею – скидалися запалювальні бомби, які забезпечували одночасне і рівномірне загорання великої площі;

3) третьою хвилею – скидалися фугасні бомби більшого розміру для зруйнування проїжджої частини вулиць і загромодження проїздів завалами повалених споруд з метою утруднення роботи протипожежних і рятувальних служб.

Гамбург, 1943 рік. Згідно із планом “Пойнтбленк” із 25 липня по 3 серпня 1943 р. була проведена операція “Гоморра” – масований багатоденний наліт на друге за величиною місто Німеччини – Гамбург. В ній брало участь 3095 англійських і американських бомбардувальників. На місто скинули 8 621 тонн бомб, дві треті із яких були запалювальними. Ця частина Гамбурга, піддана бомбуванню, складалася, в основному, із високих шестиповерхових будівель, які, розгоряючись, горіли, як свічки. Більше 130 км вулиць і 16 000 багатоповерхових будинків опинилися в горнілі вогняного вихору. Вузькі вулички старої частини Гамбурга були як ущелини і створювали під час пожеж сильну тягу, подібну до тієї, що виникає у пічних трубах. Вогняне торнадо локалізувалося на території площею 10 км²; стовп вогню і диму піднімався до самої тропопаузи. Швидкість вітру біля поверхні поруч із краями вирви сягала 200 км/год. В епіцентрі виник вакуум (подібний ефект був пізніше помічений при вибуху атомної бомби у Хіросімі). Вогняний вихор неперервно обертався навколо власної осі, втягуючи у центр вогнища вирвані з корінням дерева, автомобілі,

будівельне сміття, людей, висмоктував воду зі ставків. Над містом виросло декілька вогняних вихорів, які зі страшним виттям носилися вулицями, розганялися і набирали силу. На перехрестях вони зіштовхувалися, виплюскуючись вгору. Через 45 хв від початку бомбардування безліч дрібних вогнищ загорання об'єдналися у 2-3 потужні апокаліптичні пожежі; над ними утворився один величезний вогняний смерч, який перетворив квартали Гамбурга на гігантську доменну піч. В зоні вогняного вихору вигоріло все, що могло горіти. Розкручувані язички полум'я викликали горіння споруд сусідніх кварталів; повітря нагрівалося до температур понад 1000 °С. За такої температури предмети спалахували без прямого контакту з вогнем. Алюмінієві і свинцеві вироби ставали рідиною, а сталеві пластичними. Вони деформувалися, не витримуючи конструкційних навантажень. Скло вагонів трамваїв в епіцентрі повністю розплавалося; плавилася цегла, трансформувалася під вагою будівель і вибухав піл. Цукор на продуктових складах закипів, розплившись по землі склистою кіркою. Вогняний шторм бушував близько 3 годин, і пішов на спад, тільки коли повністю вигорів весь вогненебезпечний матеріал в зоні ураження.

В зоні перед епіцентром учені відмічали дивні явища. В багатьох випадках з дерев і віток була акуратно зідрана кора, деколи тільки з одного боку. Оголені ділянки деревини часом мали вигляд опалених вогнем. Навіть птиця, убита і повністю обципана смерчем, мала вигляд трохи підсмаженої. Вершини дерев були зігнуті паралельно поверхні в напрямку осі обертання урагану. Пізніше зробили висновок, що відривання кори могло бути наслідком наявності між корою і деревиною тонкого повітряного шару. Цей шар і вибухав за величезного перепаду тиску, викликаного смерчем. Саме тому і спостерігалось відстрілювання пір'я птахів, волосся і органів зору трупів.

У багатьох місцях палаючі руїни випромінювали такий жар, що навіть після того, як удавалось збити само полум'я, проходило декілька днів, перш ніж можна було просто спробувати потрапити на ці вулиці. В районах загорання тільки через 30 годин після бомбування можна було розглядіти що-небудь при природному освітленні. До цього щільні хмари чорного диму, змішаного з пилюкою, повністю заслоняли навіть безхмарне небо. Стовп диму над Гамбургом бачили мешканці навколишніх міст за десятки кілометрів. Вітер пожежі доносив обгорілі сторінки книг із бібліотек Гамбурга на відстань 50 км від місця бомбування.

Із людей, які перебували в епіцентрі вогняного шквалу, не вижив ніхто. Жар призводив до того, що вогонь охоплював все нові і нові будівлі надзвичайно швидко; сотні людей, які намагалися врятуватися, згоряли живцем прямо на вулицях і площах. Внаслідок різниці температур розжарене повітря створювало сильну тягу, страшний вітер буквально засмоктував людей у вогонь. Інших поглинули озера киплячого асфальту, в які під дією нестерпного жару перетворилися міські вулиці; багато просто перетворилися у живі факели. Температура повітря була настільки високою, що за півкілометра від вогняної вирви у людей закипав мозок і череп вибухав від внутрішнього тиску. Потоки розжареного повітря кидали обгорілі трупи людей, як ляльки. На думку спеціалістів справжніх опіків або підсмажування в зоні 1 км від епіцентру не було. Температура для цього була надто мала. Внутрішні органи не згоряли, але повністю висихали. Спостережувана картина, найскоріше, була наслідком сильного зневоднення, висмоктування води внаслідок сильного перепаду тиску.

В міру просування вперед кількість артефактів наростала. Деякі рятівники від побаченого божеволіли. Близьче до центру, де асфальт повністю випарувався, почали попадатися півметрові ляльки людиноподібної форми; „тіла людей, здавлених під дією полум'я в 1000 градусів до розміру буханчика хліба”(письменник Дітер Форте). Тільки через деякий час рятівники здогадалися, що це стиснені від термічної дії і випаровування вологи трупи людей. Місцями шквал збирав із навітряної сторони уцілілих стін будівель гори обвуглених трупів.

Доля тих, хто сховався у бомбосховищах, була не кращою. Вогняне торнадо, як гігантська помпа, витягувало кисень із бункерів і підвалів навіть не зачеплених ні бомбуванням, ні вогнем підземні приміщення перетворювалися у братські могили. Люди задихалися або гинули від барометричного шоку, викликаного величезним перепадом тиску. У

бомбосховищах під епіцентром вогняного шквалу створювалася дуже висока температура, про що свідчили згустки розплавленого металу, в який перетворилися каструлі, сковорідки та інше домашнє начиння, принесене у сховища. В окремих бомбосховищах в епіцентрі не було навіть останків тіл. Так в одному із них виявили лиш м'який хвилястий шар сірого попелу, за яким змогли визначити приблизну кількість жертв – 250300 чоловік.

За різними даними, в результаті цього нальоту на Гамбург загинуло від 46 000 до 100 000 чоловік, понад 200 000 були поранені, обпечені і покалічені. Без даху залишилося 750 000 чоловік. Стверджують, що при атомному бомбуванні Хіросіми і Нагасакі внаслідок ударної хвилі і тепла було знищено менше людей, ніж загинуло від пожеж при бомбуваннях Гамбурга і Дрездена.

У результаті „килимних” бомбувань 2030 травня 1943 р. також у містечку **Вупперталь (Wuppertal)** виник вогняний смерч, який практично перетворив місто у попіл.

Дрезден, 1945 рік. З 13 по 15 лютого 1945 р. англійські і американські літаки скинули на місто близько 6 000 тонн; 2 березня – близько 1000 і 17 квітня – 1700 тонн запалювальних і фугасних бомб. Бомби і вогонь частково або повністю зруйнували 80 % міських будівель.

Під час першого нальоту за 24 хв 772 важких британських бомбардувальників скинули на ціль близько 1500 тонн фугасних і 1200 тонн запалювальних бомб (близько 650 тисяч штук). Спочатку із літаків летіли потужні фугасні бомби, які пробивали будинки наскрізь і вибухали у підвалі або на першому поверсі. Вибухом у будинку вибивало дах, вилітали вікна, а також руйнувалися всі вогнетривкі перегородки. Потім із неба градом сипалися запалювальні бомби, перетворюючи коробки домів в крематорії із прекрасною тягою. Накінець скидалися осколочно-фугасні бомби із механізмами сповільненої дії. Вони призначалися пожежним і рятувальним командам. Через три години, коли пожежні і рятувальні команди вийшли на завалені обломками і охоплені вогнем вулиці, почався другий наліт.

До тисяч вогнищ додалися тисячі нових. Пожежі почали об'єднуватися між собою, що призвело до виникнення вогняного торнадо. Вихор був потужнішим від гамбурзького, діяв на більшій площі (28 км²) і в декілька разів за своїми руйнівними наслідками переважав його. На початковій стадії виникло декілька окремих (5-6) вогняних вихорів, потім вони злилися у колосальну вирву, яка швидко оберталася, і всмоктувала в себе тисячі кубометрів повітря. Натовпи людей, які рятувалися від вогню, були несподівано підхоплені торнадо, їх волокло по вулицях і кидало у вогонь. У вогонь втягувалися залізничні і трамвайні вагони, які розміщувалися на відкритих ділянках місцевості. Майже всі пожежні і рятувальні команди опинилися в епіцентрі вогняного вихору і загинули. Напір вогню був таким сильним, що пісковик, з якого були збудовані будівлі центру, змінював структуру, перетворюючись у порошок. Майже всі будинки позбавилися дахів і перетворилися у гігантські печі, що виригували величезні вогняні кулі і гарячий дим.

Льотчики третьої хвилі нальоту побачили п'ятикілометровий стовп диму із відстані 150 км. Всього за 14 годин 15 хвилин на місто знову скинули близько 5 000 тонн бомб.

Дрезден горів сім днів і вісім ночей, доки не вигоріло все. Тільки після цього в місто змогли увійти перші групи рятувальників.

Уривки зі споминів очевидців:

„В епіцентрі (28 км²) живих майже не було”.

„Нещасні, які ховалися під землею, гинули від задухи (кисень просто вигорав у цій величезній духовці), або помирали від жару (температура повітря різко піднялася до 1000 °С). Люди у таких умовах перетворювалися у попіл, який тут же розносило вітром, або плавився. Земля центрального парку Гросс-Гартена, наприклад, просякла на метр вглибину розтопленим людським жиром.”

„Із деяких завалів стирчать руки, голови, ноги, розтриті черепи... Більшість людей виглядають, ніби їх надули, з жовтими і коричневими плямами на тілах”.

„Чим ближче підходили ми до центру, тим страшніші були руїни. Місцевість нагадувала ландшафт кратера, а потім ми побачили мертвих. Обгорілі або обвуглені трупи, стиснені до половини звичайних розмірів...”

„В районі Центрального вокзалу рятувальними групами виявлено два повністю згорілих поїзди із дітьми. В самій будівлі вокзалу декілька сот людей згоріли живцем і близько 500 задихнулися у диму. Весь цокольний поверх вкритий декількома шарами трупів.”

„Більшість необпалених трупів, що лежали на вулицях міста поза епіцентром пожежі, були оголені. Страхітливий вітер зірвав з них весь одяг. Люди задихнулися від нестачі кисню. Повсюди на вулицях лежали тіла, стиснені від сильної жари до одного метра у довжину. Більшість у підвалах і бомбосховищах загинули, задихнувшись від нестачі кисню”.

Із 35 470 житлових будівель Дрездена і 7 000 адміністративних споруд тільки 7 421 будинок не був зруйнований.

Точне число жертв „вогняного смерчу”, в Дрездені, мабуть, ніколи не буде встановлено. Д. Ірвінг наполягає на цифрі 120 000 150 000 загиблих і приблизно такій же кількості поранених і скалічених [12].

В такому випадку кількість жертв бомбардувань союзників тільки у Дрездені перевищує сумарну кількість жертв від атомних бомбардувань Хіросіми і Нагасакі.

Висновки.

Грізні прояви природи у виді вогняного торнадо відомі із сивої давнини. Не рідко вони суттєво впливали не тільки на господарське життя країн, а й змінювали хід історії людства.

Торнадо залишаються одним із жахливих прикладів екстремальних умов; вони викликають страхітливі руйнування. Вогняні торнадо завдають значних збитків, спалюючи все, що зустрічається на їх шляху і призводять до колосальних людських жертв. Однією із важливих умов виникнення вогняного торнадо у містах є наявність на території ураження достатньої кількості вогнебезпечних матеріалів.

За масштабами руйнувань деякі вогняні торнадо порівнянні із ядерним вибухом. Площа, зайнята цими явищами, буває багато разів більшою, ніж зона самих смерчів.

Важливим є розробка заходів щодо захисту та експлуатації інженерних споруд інфраструктури за аномальних умов, зокрема, атмосферних буревіїв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондрат В.Ф. Торнадо в Україні. /В.Ф. Кондрат, Я.Й. Лопушанський, М.М. Семерак // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2015. №12. 132141 с.
2. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. [Текст] /Д.В. Наливкин. – Ленинград: Наука, 1969. 487 с.
3. Борисенков Е.П. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. [Текст] /Е.П. Борисенков, В.М. Пасецкий. Москва: Мысль, 1988. 258 с.
4. http://zik.ua/news/2013/06/03/486_rokiv_tomu_zagynuv_gotychnyy_lviv_.
5. Сэмюэль Пипс. Дневник. [Текст] /Пипс Сэмюэль Изд-во Магнитогорского государственного педагогического института, 1998. 232 с.
6. Закревский Н. В. Описание Киева. Вновь обработанное и значительно умноженное [Текст]: В 2 т. /Н. В. Закревский. Москва: Тип. В. Грачева и К°. 1868. 950 с.
7. Макаров А. Были и небылицы старого Киева. [Текст] /А. Макаров. – Киев: Изд-во : Sky Horse, 2013. 280 с.
8. Французы в России: 1812 г. по воспоминаниям современников-иностранцев: Пожар Москвы; Начало отступления; На старую Смоленскую дорогу. Ч. 2. [Текст] /сост. А. М. Васютинский, А. К. Дживелегов, С. П. Мельгунов. — Москва: Задруга, 1912. —228 с.
9. Корбелецкий Ф.И. Краткое повествование о вторжении французов в Москву и о пребывании их в оной [Текст] /Ф.И. Корбелецкий. СПб, 1813.
10. ru.wikipedia.org/wiki/Великий_чикагский_пожар.
11. Винкельховер Я. Сто взглядов на Японию. [Текст] /Я. Винкельховер, В. Винкельховер. – Москва: Наука, 1968. – 368 с.

12. Ирвинг Дэвид. Разрушение Дрездена. [Текст] /Дэвид Ирвинг. – Москва: Изд-во „Центрполиграф”, 2005. 312 с.
13. Первушин Антон. Дрезденская бойня. Возмездие или преступление. [Текст] /Антон Первушин. –Москва: Изд-во „Гельветика”, 2015. 230 с”
14. Румпф Ганс. Воздушная война в Германии. [Текст]/ Ганс Румпф //Итоги Второй мировой войны. Выводы побежденных. – М., СПб.: АСТ, Полигон, 1988.
15. Румпф Ганс. Огненный шторм. Стратегические бомбардировки Германии 19411945. [Текст]/ Ганс Румпф. – Москва: Центрполиграф, 2010.

УДК 621.396

В.А. Романюк
д.т.н., професор

О.Я. Сова
д.т.н, с.н.с.

А.В. Романюк

ЦІЛЬОВІ ФУНКЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВУЗЛАМИ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Проведено аналіз та класифікацію задач управління безпроводовими сенсорними мережами, що відносяться до класу MANET. Наведено можливі об'єкти управління та основні параметри оптимізації в безпроводових сенсорних мережах за рівнями еталонної моделі OSI. Визначено множину цільових функцій управління безпроводовими сенсорними мережами, визначено їх взаємозв'язок та порядок використання системою управління мережею при прийнятті рішень з управління вузловими та мережевими ресурсами.

Цільова функція, безпроводова сенсорна мережа, моніторинг, система управління.

NODAL OBJECTIVE CONTROL FUNCTIONS OF THE WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE MONITORING

The analysis and classification of the MANET wireless sensor networks management tasks are considered. The possible management objects and main optimization parameters in wireless sensor networks by the OSI model levels are shown. The set of objective control functions of the wireless sensor networks is defined. The relationship and the use of objective control functions by the network control system in decision-making of nodal and network resources control are considered in the article.

Objective function, wireless sensor network, monitoring, control system.

Актуальність. Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) – це розподілені на місцевості та стійкі до відмов радіомережі, що складаються з мініатюрних електронних пристроїв (сенсорних вузлів, які можуть бути як стаціонарними, так і мобільними) призначених для збору інформації про навколишнє середовище та передачі цієї інформації на спеціальні інформаційні центри [1]. Загальна ідея функціонування БСМ полягає у використанні великої кількості безпроводових сенсорів, які можуть бути розташовані на значних географічних територіях для моніторингу різномірних параметрів навколишнього середовища. Отримана безпроводовим сенсорним вузлом інформація передається на спеціальні шлюзи безпосередньо, або шляхом ретрансляції через проміжні сенсорні вузли. У випадку, якщо площі території для моніторингу дуже великі, у якості шлюзів можуть використовуватися сенсорні вузли на базі безпілотних літальних апаратів (БЛА) чи аероплатформ [2].

Простота встановлення, відносна дешевизна та висока ефективність БСМ сприяла значній зацікавленості до даного класу радіомереж і, як наслідок, вони знайшли широке застосування у різних галузях суспільного життя (рис. 1): автомобільні БСМ, БСМ для спостереження (охорони різного роду об'єктів), БСМ оповіщення (муніципальні БСМ), тощо. Однак, наведені приклади застосування БСМ передбачають їхню попередню інсталяцію та налаштування, що часто є неможливим в умовах моніторингу об'єктів критичної

інфраструктури чи територій в зонах стихійних лих (техногенних аварій), або під час ведення активних бойових дій в тактичній ланці управління військами. За таких умов, можливим виходом із ситуації є використання БСМ, побудованих за принципом Ad-Нос або MANET (Mobile Ad-Нос) [2], що дозволяє створити радіомережу здатну до самоорганізації та адаптації вузлів до умов функціонування, які неможливо передбачити в процесі проектування. Такі БСМ будуть функціонувати в автоматичному або напівавтоматичному режимі, тому сенсорні вузли повинні мати змогу приймати рішення з управління вузловими та мережевими ресурсами без участі людини.



Рис. 1. Галузі застосування безпроводових сенсорних мереж класу MANET (Ad-Нос)

Для цього у складі кожного сенсорного вузла повинна бути система управління (СУ), здатна приймати рішення за децентралізованим принципом з метою забезпечення заданої якості обслуговування трафіка, який передаватиметься в БСМ [3]. При цьому, управляючі впливи вузлових СУ здійснюються шляхом реалізації циклу управління (збір та аналіз інформації про стан мережі, ідентифікація ситуації про стан мережі та прийняття управляючого рішення по забезпеченню якості передачі трафіка) на основі цільових функцій управління. Слід зауважити, що, з урахуванням різноманітності параметрів сенсорних вузлів, при визначенні цільової функції сенсорного вузла, його система управління повинна враховувати і цільові функції вузлів сусідів, і цільову функцію управління всією БСМ (чи її зоною).

У зв'язку з цим, наукове завдання, яке вирішується в даній статті, полягає у визначенні множини цільових функцій управління БСМ класу MANET, проведенні їх класифікації, визначенні взаємозв'язку, особливостей та порядку їх використання системою управління мережею.

Аналіз останніх публікацій. У ході попередніх досліджень були запропоновані підходи до оптимізації радіомереж класу MANET за одним або декількома показниками [4 – 7]. Зокрема, в [4] запропоновано управляти витратами енергії батарей, в [5] – здійснювати багатокритеріальну оптимізацію маршруту з урахуванням його мобільності, в [6] – оптимізувати топологію мережі за декількома показниками, у [7] – враховувати тип трафіка тощо. Однак, непередбачуваність умов функціонування радіомереж класу MANET призводить до необхідності трактування того, що цільові функції управління не є статичними, а визначаються в часі в залежності від етапів і функцій управління, а також параметрів стану об'єкта (об'єктів) управління (вузол, радіоканал, маршрут, зона, мережа) та наявних ресурсів [8].

Визначимо особливості задач управління БСМ класу MANET (рис. 2):

- реалізуються на різних етапах управління мережею (планування, розгортання або відновлення, оперативне управління);
- відрізняються за функціями: переміщення БЛА чи рухомих сенсорів (управління маршрутом руху, координація польоту групи БЛА, визначення району баражування, тощо); покриття зони моніторингу (визначення «зон відповідальності» сенсорів, пріоритетної групи сенсорів, послідовності роботи сенсорів, тощо); забезпечення якості передачі даних (управління маршрутизацією, управління топологією, управління навантаженням тощо);
- різні об'єкти впливу (вся БСМ, окрема зона БСМ, напрямок передачі інформації, маршрут, канал, сенсорний вузол), що вимагає узгодження та координації цільових функцій;
- різні цільові функції, можуть заперечувати одна одній;
- різні математичні постановки цільових функцій (чітка або нечітка, задачі масового обслуговування, маршрутні тощо);
- висока розмірність та динамічний характер;
- важкість формування повної системи показників оцінки ефективності;
- неповнота та часто недостовірність контрольної інформації про стан БСМ та її елементів;
- взаємозалежність задач управління;
- відношення до різних рівнів еталонної моделі OSI.

В умовах змішаного управління (частка функцій виконується централізовано центрами управління БСМ, а друга децентралізовано – вузлами) можна визначити дві взаємозалежні групи цілей:

- мережеві (зонові) – оптимізація мережевих або зонових показників ефективності;
- користувальницькі – досягнення заданої якості передачі між сенсорними вузлами та функціонування елементів мережі за напрямком передачі.

До мережевих (зонових) цілей управління можна віднести оптимум наступних параметрів $C_i = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$:

- C_1 – продуктивність всієї БСМ чи її зони;
- C_2 – потужність передач вузлів мережі чи її зони;
- C_3 – ступінь покриття території моніторингу сенсорними вузлами (рухомими чи стаціонарними);
- C_4 – структурна надійність (зв'язність) мережі, її зон;
- C_5 – кількість ресурсів (стаціонарних та мобільних сенсорів, аероплатформ тощо), які необхідно задіяти до досягнення певної мети;
- C_6 – час функціонування БСМ у разі її автономної роботи;
- C_7 – обсяг службового трафіка, який генерується для збору інформації про стан БСМ;
- C_8 – час планування, розгортання, відновлення БСМ;
- C_9 – параметри безпеки і т.д.



Рис. 2. Класифікація задач управління MANET з ТА

Основними обмеженнями при цьому є ресурси і параметри сенсорних вузлів: батареї живлення, пропускна здатність радіоканалів, дальність радіозв'язку, об'єми пам'яті, швидкість обробки інформації процесорами, тощо.

До основних користувальницьких цілей управління можна віднести оптимум (обмеження) наступних параметрів: пропускна здатність сенсорного вузла, час затримки передачі повідомлень, потужність передавача, енергія (витрати енергії) батарей в радіоканалі, маршруті, напрямку тощо, площа зони моніторингу, час автономного функціонування, та ін.

Схема визначення цільових функцій вузловою системою управління. В табл. 1 наведено можливі об'єкти управління та основні параметри оптимізації. Як зазначалося вище, непередбачуваність умов функціонування БСМ, децентралізований принцип управління ними та наявність різних типів інформації для передачі (відео, мова, дані) вимагає систему управління кожного вузла здійснити вибір цільових функцій управління з урахуванням наступних чинників:

Таблиця 1

Об'єкти управління та основні параметри оптимізації БСМ

Рівень OSI	Управляючий вплив вузла	Об'єкти управління	Основні параметри оптимізації
Фізичний	Потужність (спрямованість) передачі, вид модуляції, тип коригуючого коду, параметри MIMO тощо	Радіоканал між рухомими та стаціонарними сенсорними вузлами	Пропускна здатність, витрати енергії батарей, потужність передачі тощо
Канальний	MAC-алгоритми та їх параметри, розміри пакетів та квитанцій, тощо	Радіоканали в межах радіозв'язності окремих сенсорів (чи зони БСМ)	Пропускна здатність та час передачі в каналі, витрати енергії батарей, обсяг службової інформації тощо
Мережевий	Алгоритми маршрутизації, алгоритми управління топологією, алгоритми адресації, тощо	Один або декілька маршрутів передачі (відповідно зона або вся БСМ), топологія, тощо	Обсяг службової інформації, параметри маршруту (час побудови та існування, кількість, пропускна здатність, час доставки, витрати енергії батарей тощо), топологія
Транспортний	Алгоритми управління чергами, алгоритми управління навантаженням, тощо	Потоки даних різного типу (відео, мова, дані)	Параметри якості передачі даних в напрямку (час затримки передачі та його варіація, ширина смуги пропускання та ін.)
Прикладний	Алгоритми (протоколи) інформаційного обміну прикладного рівня (енергозбереження, координації та інтелектуалізації управління, розпізнавання об'єктів спостереження та ін.)	Вузол, вузли-сусіди, зона мережі, вся мережа, об'єкти спостереження та ін.	Пропускна здатність, витрати енергії батарей, безпека передачі, час виконання завдання, «час життя» сенсорного вузла та БСМ у цілому, тощо

- стан самого сенсорного вузла, який визначається множиною його параметрів (реальна пропускна здатність радіоканалів, дальність радіозв'язності, наявні сусіди, стан черг, наявність, тип та величина зміни вхідного навантаження, мобільність, динаміка зміни наявних зв'язків з сусідами, наявність, кількість та якість побудованих маршрутів, розміри зони моніторингу, тощо). Кожен вузол постійно (активно або/та пасивно) збирає інформацію про стан вузлів-сусідів, маршрутів та напрямки передачі, мережу (зону) та за сукупністю показників визначає (ідентифікує) стан БСМ [3, 8]. При цьому, ресурсами вузла є апаратні (потенційна пропускна здатність радіоканалу, наявний обсяг енергії батареї живлення, швидкодія процесорів, потужність передавача тощо) та програмні ресурси (алгоритми управління, протоколи управління на різних рівнях OSI та функціональних підсистемах, рівень інтелектуалізації процесів управління тощо);
- стан БСМ (визначається станом сенсорних вузлів, каналів, інформаційних напрямків і зон БСМ) та динаміка його зміни;
- тип інформації (трафіка), який визначає вимоги до якості передачі (час затримки передачі та його варіація, кількість помилок, ширина смуги пропускання, тощо).

Узагальнений алгоритм визначення цільових функцій системою управління кожного сенсорного вузла складається з трьох етапів (рис. 3).

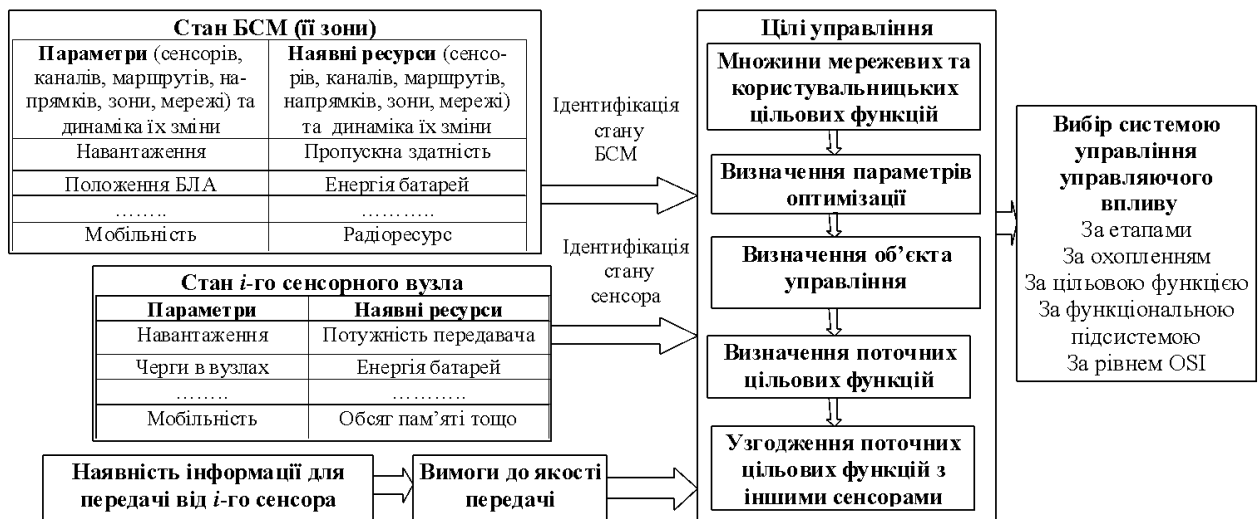


Рис. 3. Схема визначення цільових функцій вузловою системою управління

- Сенсорний вузол постійно збирає інформацію про параметри свого функціонування та здійснює ідентифікацію власного стану.
- Шляхом обміну службовими повідомленнями сенсорний вузол постійно збирає інформацію про параметри вузлів-сусідів та радіоканалів, через які вони з'єднані, здійснюючи таким чином ідентифікацію стану БСМ чи її зони. В умовах неможливості збору всієї інформації про стан БСМ та через її швидке старіння (тобто інформація про стан мережі є неповною і неточною) для здійснення процесу ідентифікації пропонується комплексне використання апарата нечіткої логіки та нейронних мереж [3].
- Система прийняття рішення сенсорного вузла на основі ідентифікованих станів вузла та БСМ, а також вимог до якості інформаційного обміну, що визначаються типом інформації, яку має сенсор для передачі, виконує наступні функції:
 - визначає поточну множину параметрів оптимізації – мережесих та користувальницьких;
 - визначає об'єкти управління (табл. 1);
 - визначає поточну цільову функцію (функції) управління;

- узгоджує (координує) її з сусідніми сенсорними вузлами (якщо вузли одного рангу) або призначає її підпорядкованим сенсорним вузлам (якщо це центр управління БСМ, або головний вузол зони БСМ);
- вибирає управляючий вплив за етапами, охопленням, функціональною підсистемою, рівнем OSI.

В [8] наведена взаємозалежність цілей, а також їх ієрархічний характер, проведена декомпозиція глобальної мети управління мережею за функціями, кожна з яких ділиться на завдання й реалізується за рівнями OSI. Мета – одержання вектора пріоритету елементів нижнього рівня ієрархії стосовно цілі – елементу першого рівня за допомогою методу аналізу ієрархій або методу згортки нечітких відносин. Цільова структура (ЦС) управління БСМ має наступний вигляд:

$$ЦС \rightarrow H = \{C_1, R_{1m(1)} \{C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2m(2)}\}, R_{2m(2)} \{C_{31}, C_{32}, \dots, C_{3m(3)}\}, \dots, R_{km(k)} \{C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{km(k)}\}\},$$

де C_1 – основна ціль системи управління, $C_{im(i)}$ – $m(i)$ -а підціль i -го рівня на цільовій структурі, $i = 1 \dots k$, R – множина відносин на підцілі структури. Крім того, в [8] запропонована побудова ієрархії процесу вибору альтернатив та порівняння рішень на кожному рівні ієрархії на основі нормалізації отриманих оцінок альтернатив (застосовуючи процедуру зважування методу аналізу ієрархій або метод згортки нечітких відносин). Завдання ухвалення рішення з управління БСМ (вибір методів управління та необхідних параметрів функціонування сенсорних вузлів) зведене до завдання ієрархічного цільового динамічного оцінювання альтернатив при нечітких вихідних даних.

Висновки. Таким чином, проведена класифікація цільових функцій управління БСМ класу MANET, які можуть бути застосовані для моніторингу об'єктів критичної інфраструктури. Запропонований новий підхід до формування цільових функцій управління в зазначених радіомережах, який полягає в тому, що кожен сенсорний вузол визначає власну цільову функцію в залежності від типу трафіка, що передається, цільових функцій вузлів-сусідів, ситуації, що склалася в БСМ, а також наявних вузлових та мережевих ресурсів. Завдання прийняття рішення щодо вибору цільової функції управління БСМ зведене до ієрархічного цільового оцінювання альтернатив.

Зважаючи на неповноту та неточність інформації про стан БСМ, для реалізації представленої схеми формування цільових функцій управління пропонується комплексне використання апарата нечіткої логіки та нейронних мереж. У ході подальших досліджень будуть розроблені методи координації цільових функцій вузлів БСМ класу MANET.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Dargie W. Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice / Dargie W., Poellabauer C. – New York: John Wiley and Sons, 2010. – 248 p.
2. Sitharama I.S. Distributed Sensor Networks, Second Edition: Image and Sensor Signal Processing / Sitharama Iyengar S., Richard R. – USA: CRC Press, 2012. – 764 p.
3. Жук О.В. Система управління тактичними сенсорними мережами / Жук О.В., Романюк В.А., Сова О.Я. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2008. – № 2. – С. 88 – 96.
4. Olascuaga-Cabrera J.G. A multi-objective PSO strategy for energy-efficient ad-hoc networking / Olascuaga-Cabrera J.G., Lopez-Mellado E., Mendez-Vazquez // IEEE Cybernetics Systems, Man (SMC) Conference, 2011. – P. 235 – 240.

5. Babaei H. Multi Objective AODV Based On a Realistic Mobility Model / Babaei H., Romoozi M. // IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 7, Issue 3, No 3, May 2010. – P. 152 – 155.
6. Banner R. Multi-Objective Topology Control in Wireless Networks / Banner R., Orda A. // In Proc. IEEE INFOCOM, 2008. – P. 452 – 456.
7. Selvi R. Multiple-objective optimization of multimedia packet scheduling for ad hoc networks through hybridized genetic algorithm / Selvi R., Rajaram R. // The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA). – Vol.3, No.3. – August 2011. – P. 368 – 372.
8. Романюк В.А. Цільові функції оперативного управління тактичними радіомережами // Збірник наукових праць. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2012. – №1. – С. 109 – 117.

С.П. Мосов
д.військ.н., проф.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ: ВИМОГИ, ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Систематизовано питання щодо застосування безпілотних авіаційних комплексів для виконання низки завдань, що визначені нормативно-правовими актами держави в сфері надзвичайних ситуацій в умовах мирного часу та бойових дій. Концентрується увага на тому, що оснащення структурних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій безпілотними авіаційними комплексами вимагає розробки на системних засадах тактико-технічних і оперативно-тактичних вимог, визначення стабільної та сучасної виробничої бази, визначення умов і варіантів застосування, створення системи підготовки, допідготовки та перепідготовки фахівців з управління безпілотними літальним апаратами та експлуатації зазначених комплексів.

Ключові слова: *надзвичайна ситуація, безпілотний авіаційний комплекс.*

Mosov S.

USE OF PILOTLESS AIR COMPLEXES FOR SOLUTION OF EMERGENCY TASKS: REQUIREMENTS, PROBLEATIC ISSUES AND RECOMMENDATIONS

The issue on use of pilotless air complexes is systematized for performing a series of tasks established by legal and regulatory state acts in the emergency field during peace time and military operations. The attention is focused on the fact that equipping of units of the State Emergency Service of Ukraine with pilotless air complexes requires the systemic development of performance and operational requirements, determination of stable and modern production basis as well as conditions and variants for use, and creation of training system of specialists in pilotless plane control and maintenance thereof.

Key words: emergency, pilotless air complex.

Перше десятиріччя XXI ст. ознаменувалося масовим і широкомасштабним розвитком безпіотної авіації різного призначення. Як показує світовий досвід, безпілотна авіація перетворилася на вагому складову при вирішенні низки завдань, пов'язаних з різноманітними напрямками: розвідка, спостереження, цілевказівка, моніторинг, ретрансляція зв'язку, нанесення ударів з повітря, радіоелектронна боротьба, транспортування невеликих вантажів тощо. Револьюційний прорив у сфері безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА) призвів до їх активного застосування в багатьох країнах світу як у воєнний, так і в мирний час.

Інтерес до БПЛА значно зріс після їхнього успішного застосування в низці воєнних конфліктів, починаючи з останнього десятиріччя XX ст. Так у ході бойових дій в Іраку (1991, 2003 рр.), в Афганістані (2001 р.), в арабо-ізраїльському збройному протистоянні, що триває і досі, було продемонстроване неухильне зростання ролі БПЛА як ефективних засобів повітряної розвідки й спостереження [1-380

Системний аналіз широкого спектру завдань різного призначення, що виявилися необхідними для вирішення із застосуванням безпілотних авіаційних комплексів (далі –

БпАК) у межах проведення антитерористичної операції (далі – АТО) в інтересах Збройних Сил України, Державної прикордонної служби України, Національної гвардії України та Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС), дозволяє зробити висновок щодо відсутності, незважаючи на світовий досвід, сталих методичних підходів до розробки та систематизації вимог, що стосуються створення (закупівлі), впровадження та застосування БпАК в Україні.

Як показав наявний український досвід, кожний суб'єкт виконавчої влади зі складу, так званих силових міністерств, намагається самостійно та окремо від інших займатися питаннями використання різноманітних аматорських БПЛА та розробки вимог до БпАК, що не вважається ефективним з позиції світового досвіду. На це багато разів зверталася нами увага ще в період 2001-2013 рр. у низці наукових доповідей, статей і монографій. Разом з тим, сучасний стан вирішення питання щодо розробки системних вимог, пов'язаних із створенням (закупівлею), впровадженням і застосуванням БпАК, визначає його проблемність та актуальність в умовах сьогодення.

Більшість країн світу на сучасному етапі особливу увагу приділяють питанню розвитку безпілотної авіації та розширенню сфери її застосування. Створення БпАК у військовій сфері було визвано, у першу чергу, прагненням вивести льотчика з системи літака та зменшити витрати на виготовлення самого літального апарата, що обумовило широке застосування БПЛА у бойових діях [1-4]. Зазначені фактори продовжують і сьогодні визначати актуальність теми БПЛА, але за досвідом застосування БпАК виникає чимало чинників, які певним чином впливають і формують облік та вимоги до майбутніх БпАК, у тому числі в умовах України.

Час от часу в нашій країні виникало питання щодо розвитку такого перспективного напрямку, як створення БпАК. Незважаючи на його актуальність, дієвих заходів з боку потенційних замовників не відбувалося аж до початку бойових дій у південно-східному регіоні України. Підтвердженням обмеженості такого інтересу є статистика заявок та отриманих охоронних документів на винаходи, корисні моделі та промислові зразки ДП “Український інститут інтелектуальної власності”. Відсутність перспективного ринку споживачів в Україні тривалий час підтверджувалася відсутністю патентування з боку іноземних заявників. Обмеженість патентів на вітчизняні винаходи вважається яскравим підтвердженням відсутності відповідного ринку. Наявність переважної кількості патентів на корисні моделі лише персоніфікує недоцільність проведення кваліфікаційної експертизи внаслідок відсутності реального та масового споживача, а також конкуренції в Україні.

Враховуючи дані з відкритих засобів масової інформації, сьогодні має місце активізація створення та застосування БпАК в інтересах вирішення завдань військового та подвійного призначення. За повідомленням ДК “Укроборонпром” у ЗМІ Збройні Сили мали отримати на озброєння БпАК “Spectator”, а також у найближчій перспективі ще один безпілотику “Observer”.

За чисельними повідомленнями ЗМІ має місце факт активного створення різноманітних за типом і призначенням БПЛА від низки фірм та фізичних осіб, які вже пройшли випробування під час активних бойових дій у ході АТО та пропонуються до серійного створення на їх базі БпАК і подальшого використання в інтересах виконання спеціальних завдань, у тому числі в інтересах ДСНС .

Разом з цим поза увагою залишилося відпрацювання системних вимог щодо створення (закупівлі), впровадження та застосування БпАК, які мають стати базовими та впливати з формалізованого переліку таких завдань, що притаманні Збройним Силам України, Національній гвардії України, Державній прикордонній службі України чи Державній службі України з надзвичайних ситуацій з урахуванням їх участі у бойових діях під час захисту території від вторгнення агресора. На основі зазначеного переліку завдань має визначатися повний перелік об'єктів, виявлення (ураження) яких буде покладено на БПЛА та його оператора.

ДСНС має свій специфічний перелік завдань, що впливає з чинної нормативно-правової бази. Тактико-технічні вимоги до БпАК, які обумовлюють функціональне призначення та

основні вимоги до його технічних характеристик, склад його корисного та забезпечувального обладнання, обумовлюються, як правило, таким: переліком об'єктів, характерних надзвичайним ситуаціям; вимогами до їх спостереження та класифікації; погодними умовами; порою року; часом доби; характеристиками місцевості.

Під час дій підрозділів ДСНС в умовах ведення бойових дій, як це відбувалося у південно-східному регіоні України, до тактико-технічних вимог доцільно додати вимоги щодо виконання завдань з використанням БПЛА в умовах постановки різноманітних завдань, що створюються з боку противника.

Формалізації тактико-технічних вимог передуює висунення оперативно-тактичних вимог, у межах яких потрібно усвідомити й ідентифікувати увесь перелік основних якостей БпАК, наявність яких забезпечить ефективне виконання завдань у сфері надзвичайних ситуацій. При розробці оперативно-тактичних вимог має бути визначені: перелік завдань, а також характер і умови їх виконання; варіанти комплектування БПЛА корисним навантаженням у залежності від наявних завдань; інструментарій для оцінки ефективності виконання завдань. При цьому слід звернути увагу, що під корисне навантаження має використовуватися унікальна платформа на борту БПЛА, що дозволить спростити процес заміни (зміни) типу апаратури розвідки (спостереження, моніторингу).

Важливим питанням є нормативне та методичне забезпечення застосування БпАК. Має бути розроблені такі документи: тактика застосування БПЛА в умовах надзвичайних ситуацій; настанова для операторів з управління БПЛА; настанова з експлуатації та ремонту БпАК; настанова з обробки результатів виконання завдань із використанням БПЛА тощо.

Не менш важливим вважається вирішення питання спільного застосування БПЛА та спеціальної авіації, наприклад, під час гасіння пожеж, коли вимагається діяти в одному повітряному просторі одночасно.

Цінова доступність БПЛА у вигляді різноманітних квадрокоптерів з установленими на них відеокамерами може створювати ситуації, коли під час гасіння пожежі фізичні особи можуть використовувати такі безпілотними для особистого спостереження за розвитком пожежі. Саме це здатне призвести до ситуації, коли будуть створюватися у повітрі перешкоди спеціальній авіації для гасіння пожежі з повітря. Такий негативний досвід вже існує в США, де пожежники активно протидіють таким безпілотникам [5].

Під час аналізу чи вибору БпАК слід звернути увагу на те, що перевагу треба надавати БпАК, що випускаються на стабільній і сучасній заводській базі. Підприємство має забезпечувати запасними частинами, виконувати заводській ремонт із заміною деталей та обладнання, а також ремонт і заміну двигуна та корпусу БПЛА. Саме такий комплекс може бути в перспективі використаний для оснащення структурних підрозділів ДСНС та інших силових міністерств і державних структур.

Для аудиторної підготовки операторів з тактики розвідки, спостереження чи моніторингу, оперативного надання тематичної інформації керівництву потрібні спеціалізовані симулятори польоту БПЛА з відтворенням різноманітної характерної об'єктової обстановки. У ході такої підготовки потрібно використовувати відеофільми, записані під час ліквідації реальних надзвичайних ситуацій. Такі матеріали мають зберігатися в спеціальному розподіленому архіві, який також має з'явитися в якості одного з структурних елементів БпАК та об'єднуючого в системі ДСНС.

Необхідно також мати діючий на постійній основі цикл підготовки, допідготовки та підвищення кваліфікації операторів БПЛА, а також різноманітних за фахом спеціалістів з експлуатації, обслуговування та ремонту БпАК. Разом з цим БпАК у ході його експлуатації вимагає наявності місць для зберігання, регулярного технічного обслуговування та відповідного ремонту.

Для практичної підготовки операторів БПЛА, як фахівців з питань розвідки, спостереження та моніторингу, мають бути адекватно та максимально відтворені на спеціально створеному навчальному полігоні необхідні об'єкти з використанням елементів місцевості.

Вимагається також розробка навчально-методичного комплексу для підготовки фахівців на рівні “молодший спеціаліст” і “бакалавр” за напрямком “застосування безпілотних авіаційних комплексів” з питань: управління польотом БПЛА; тактики виконання типових завдань розвідки (спостереження, моніторингу); тематичної обробки даних у масштабі реального часу та режимі руху зображення; інформаційного забезпечення тематичної обробки даних; планової підготовки в структурних підрозділах ДСНС; технічного обслуговування; ремонту в польових умовах; зберігання та транспортування тощо.

Для реалізації напрямку “застосування безпілотних авіаційних комплексів” необхідно створити відповідну систему підготовки фахівців, використав при цьому навчальну базу Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля. Враховуючи той факт, що ДСНС і Державна прикордонна служба України управляються через Міністра внутрішніх справ, то при створенні зазначеної системи підготовки доцільно інтегруватися зазначеному інституту та Навчальному центру підготовки молодших спеціалістів ДПСУ (с. Оршанець, Черкаська область), на території якого планується створити систему підготовки молодших спеціалістів за напрямком “застосування безпілотних авіаційних комплексів”.

Підводячи підсумок, треба наголосити, що настав час активного застосування БпАК для оперативного вирішення завдань у сфері надзвичайних ситуацій. Прийняття в найближчому майбутньому їх на оснащення структурних підрозділів ДСНС є питанням актуальним, дуже своєчасним і має гарну перспективу.

У найближчий час для вирішення завдань розвідки, спостереження та моніторингу з повітря інших споживачів в Україні, до яких можна віднести ще низку міністерств і державних структур, потреба у використанні БпАК буде з часом лише зростати.

Подальші дослідження мають відбуватися за такими напрямками: розробка чи закупівля готових БпАК, здатних виконувати завдання розвідки, спостереження та моніторингу в інтересах ДСНС; дослідження можливостей застосування спектросональної чи багатоспектральної апаратури на борту БПЛА для підвищення достовірності та забезпечення повноти інформації про об’єкти розвідки, спостереження та моніторингу; створення системи підготовки фахівців з питань застосування, експлуатації та ремонту БпАК, як окремого напрямку підготовки; розробка навчально-методичного забезпечення підготовки фахівців по БпАК; створення спеціальних навчальних полігонів для підготовки та допідготовки операторів БПЛА; створення спеціалізованих підрозділів у складі ДСНС, діяльність яких буде пов’язана з використанням БпАК; розробка керівних документів щодо застосування БпАК, у тому числі настанови з виконання польотів БПЛА в межах спільного використання повітряного простору.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мосов С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: [монография] / С. Мосов. – К.: Изд. дом “РУМБ”, 2008. – 160 с.
2. Мосов С. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах: [монография] / С. Мосов. – К.: Изд. дом “РУМБ”, 2008. – 248 с.
3. Застосування безпілотних літальних апаратів у воєнних конфліктах сучасності / [Ю.К. Зіатдінов, М.В. Куклінський, С.П. Мосов, А.Л. Фещенко та ін.]; під ред. С.П. Мосова. – К.: Вид. дім “Києво-Могилянська академія”, 2013. – 248 с.
4. Тенденції розвитку форм і способів збройної боротьби в сучасних локальних війнах і збройних конфліктах: [монографія] / [П.П. Ткачук, С.П. Мосов, А.П. Красюк та ін.]; за ред. к.і.н. Г.П. Воробйова. – Львів: НАСВ, 2015. – 90 с.
5. Дроны мешали тушить пожар. Власти Калифорнии предлагают разрешить пожарным сбивать беспилотники. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://0-1.ru/?id=58026>.

УДК 504.064.3:528.8:[553.97(0492)] (477)

Н.В. Пазинич
к. геогр. н., с. н. с.

Л.П. Ліщенко
к. геол. н., с. н. с.

Г.Б. Крилова
інж.

В.Є. Філіпович
к. геол. н., с. н. с.

М.С. Лубський
інж.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОНІТОРИНГ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ТОРФОВИЩ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Анотація: *в статті розглянуто можливості використання теплових каналів космічних зйомок для визначення температурних показників поверхні торфовищ з метою виявлення перегрітих ділянок і осередків пожеж. Моніторинг перегрітих ділянок торфовищ має виявляти потенційно небезпечні ділянки з осередками підземного тління для запобігання виникнення торфових пожеж.*

Ключові слова: *тепловий моніторинг, космічне знімання, зображення у тепловому діапазоні, торф'яні пожежі*

PEAT FIRE RESEARCH AND MONITORING BASED ON OF REMOTE SENSING DATA

Abstract: *Possibilities of thermal satellite imagery using for determine peat surface temperature determination to detect overheated areas and fire areas are represented. Overheated peatland areas monitoring have to detect potentially dangerous areas of subterranean smoldering to prevent fires on peatlands.*

Keywords: *thermal monitoring, remote survey, thermal infrared imagery, peat fires*

Постановка проблеми. Київ оточений заторфованими заплавами річок Ірпінь, Звиж, Трубіж та інших, які формують пожежонебезпечне кільце навколо міста. Особливо пожежна ситуація загострилася в останні роки внаслідок аномальної посухи і високих температур. Звичайно торф'яні пожежі виникають коли вологість торфу не перевищує 40%. Виділяється три головні чинники виникнення торф'яних пожеж. До першого належить samozapalennya торфу у посушливі спекотні роки, до другого «людський фактор» – кинуті недопалки, багаття тощо, третім чинником є грозова активність а саме «сухі грози» (блискавки без злив).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливість всебічного дослідження торф'яних пожеж із застосування новітніх наукових досягнень викликана тим, що торф'яні пожежі крім економічних збитків, знищення окремих компоненті ландшафтної системи створюють значну загрозу здоров'ю і навіть життю людей, які піддаються впливу смогу. Під час торф'яних пожеж в атмосферу надходить значний об'єм зважених часток («чорний вуглець»), «парникові» хімічно активні гази (окис вуглецю, окис азоту, діоксид сірки) органічні сполуки (аміак, формальдегід, феноли, бенз(о)пірен, альдегіди, діоксани) та інші

сполуки. Медична статистика наслідків пожеж в Росії є досить невтішною. За даними Мінсоцрозвитку в червні 2010 року смертність в Росії у річному обчисленні збільшилась на 8,6%, в Москві смертність в червні зросла на 50,7% [1].

Додаткова небезпека обумовлена тим, що більшість заторфованих долин правобережжя Київщини знаходяться на території підвищеної радіаційної небезпеки – в зоні забруднення викидами аварії Чорнобильської АЕС. Саме тому особливої уваги варті дослідження по біогеохімії цезію-137 у торфово-болотних системах Українського Полісся [2]. Встановлено, що максимальне накопичення цезію-137, одного з найбільш рухомих радіонуклідів, в усіх типах торфових евтрофних, оліготрофних та мезотрофних боліт, за рахунок біологічного кругообігу, знаходиться на глибині лише 2-6 см від поверхні. Таке відносно неглибоке залягання максимальних значень забруднень є потенційною загрозою розповсюдження атмосферним шляхом, під час пожеж. Найбільш сприятливі умови для цього існують на торфовищах низинного типу у долинах річок Тетереву, Ірпеню, Здвижу.

На сьогодні в Україні існує близько 1 млн. га осушених торфовищ, основна частина яких знаходиться в правобережному Поліссі. Та незважаючи на важливість для екосистеми ролі торфовищ, проблема їх пірогенної деградації торфовищ є маловивченою. Процеси пірогенезу спричиняють глибокі деструкції у будові профілю і властивостях торфових ґрунтів. Пірогенна мінералізація торфу супроводжується появою великої кількості золи, з якої розчинені речовини вилугуються атмосферними опадами та потрапляють у річкові води. У поверхневому шарі вохристого попелу пірогенних утворень міститься значна кількість рухомих форм важких металів. Якщо природні торфовища розташовані в зоні несприятливої екологічної ситуації, природно, що вони акумулюватимуть політанти, запобігаючи їх міграції в компонентах довкілля. При пірогенній деградації торфовищ усі акумульовані елементи, у тому числі й такі токсиканти, як свинець, кадмій, включаються у біогеохімічний кругообіг [3].

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. Саме після пожеж в Росії у 2010 році, передбачаючи подібні проблеми і на Київщині, у Науковому Центрі аерокосмічних досліджень Землі почалися роботи по дослідженню та моніторингу торфовищ на основі використання матеріалів космічного знімання [4, 5].

Ознаки, що зумовлюють прояв торфовищ на матеріалах дистанційного знімання можна проділити на дві основні групи. До першої слід віднести комплекс природних особливостей – рослинність, ґрунти, рельєф, гідрогеологічні та погодно-кліматичні умови. Результатом їх взаємодії є формування поверхні вкритої специфічною болотною і лучною рослинністю. Саме болотні угруповання трав'янистої рослинності, вологі луки і пригнічені, розрізнені дерева та кущі вирізняють торфовища, що знаходяться у природному стані від оточуючих ландшафтів.

До другої групи, що зумовлює прояв родовищ торфу на матеріалах дистанційного знімання відносимо результати антропогенної діяльності. Першочерговим етапом антропогенного тиску є меліорація спрямована на осушення торфовищ. В результаті меліоративних заходів поверхня торфовищ покривається мережею дренажних каналів, що чітко дешифруються на космічних знімках (КЗ). Наступне сільськогосподарське освоєння територій створює специфічну мозаїку зображення.

Формулювання цілей досліджень. Аномально посушливі умови літа та осені 2014 – 2015 років сприяли формуванню пожежонебезпечних умов на торфовищах Київської агломерації. Пожежі були зафіксовані у серпні – жовтні в районі населених пунктів Ірпінь, Гостомель, Буча, Забуччя, Романівна, Демидів (р. Ірпінь), Бородянка, Шибене, Феневичі, (р. Здвиж), Іванків, Горностайпіль (р. Тетерів) (рис. 1). Пожежі поширювались як на правобережжі так і лівобережжі Київщини. Головними потенційно небезпечними об'єктами є заторфовані долини річок Ірпінь, Здвиж, Трубіж та ін. Аналіз матеріалів ДДЗ та обробка їх у програмі ENVI є необхідною складовою інтегрування з екологічними даними при дослідженні стану торфовищ у природному стані і на різних ступенях техногенного освоєння для отримання об'єктивної новітньої інформації. Обробка теплових каналів КЗ Landsat дозволяє виявити осередки горіння і що ще важливіше, перегріті ділянки торфовищ, що є потенційно пожежонебезпечними.

Результати досліджень. Посухи влітку і восени сприяють формуванню пожежонебезпечних умов на торфовищах Київщини, Чернігівщини та інших областей України. Головними потенційно небезпечними об'єктами Київщини є заторфовані долини річок Ірпінь, Здвиж, Тетерів, Трубіж та ін.

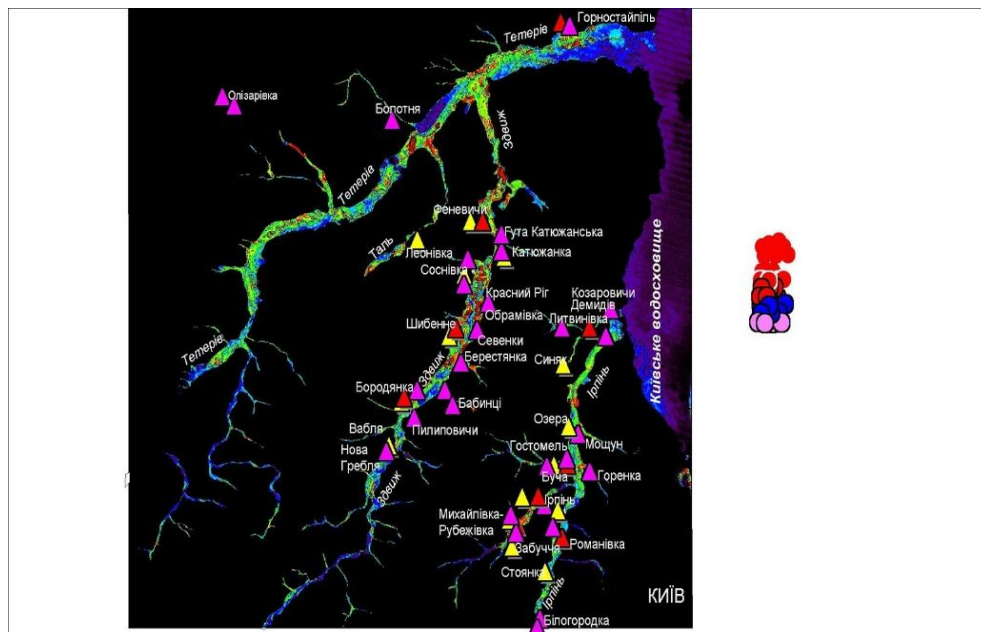


Рис.1. Стан заторфованих заплав річок Ірпінь, Здвиж, Тетерів (західна частина Київської обл.) за даними обробки теплового каналу КЗ Landsat (серпень 2010 року). 1 – пожежі торфовищ 2010 р., 2 – пожежі торфовищ 2013 р., 3 – пожежі торфовищ 2015 р.

Проведений аналіз показав, що окрім природних факторів сприяння займанню торфовищ, головним чином погодних умов, внаслідок чого відбувається пересихання і перегрів торфомас, визначальним фактором є антропогенний чинник. Практично всі пожежі виникають у безпосередній близькості від населених пунктів. З трьох річок показаних на рисунку 1 найбільша кількість пожеж зафіксована від 2010 до 2015 рр. на річці Ірпінь та її притоках – Бучанка, Рокач розташованій найближче до Київської урбанізованої території. Стан пожежної ситуації біля м. Ірпінь, наприкінці жовтня 2014 року, показано на рисунку 2.

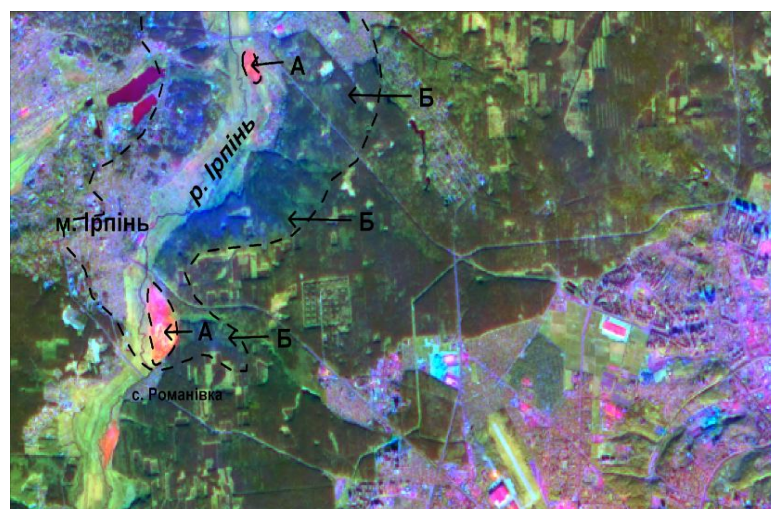


Рис. 2. Пожежі торфовищ на заплаві річки Ірпінь (за даними обробки багатоспектрального КЗ Landsat 8 (28. 10. 2014 р.). А – ділянки пожеж, Б – ареал задимлення.

Використання синтезованих КЗ Landsat дозволяє визначити місця розташування пожеж та шлейфів диму. Зафіксовані на рисунку 2 ділянки пожеж мають вигляд ізометричних ареалів рожево-вохристого кольору, а ділянки поширення смогу – синього димового шлейфу.

На прикладі теплового поля заплав річок Ірпінь, Здвиг та Тетерів (на вододільні ділянки накладена маска) на регіональному рівні виконано порівняння стану торфовищ за КЗ Landsat різних років у один і той же сезон – жовтень 1986, 2011, 2014, 2015 років. Визначено, що прогрівання торфових заплав є нерівномірним і залежить від сумарної кількості опадів та температурних показників. На рисунку 3 термоізогіпсами показані моделі теплового поля поверхні заплави на регіональному і детальному рівні, де жовтим і червоним кольором виділені аномальні ділянки, що відповідають підвищеним умовам пожежної небезпеки.

Теплове поле розраховується на основі температури поверхні дослідної ділянки. Визначення температури за даними дистанційного знімання виконується за значенням спектральної щільності енергетичної яскравості поверхні у тепловому діапазоні електромагнітного спектру (3-14 мкм, канали 10 та 11 сенсора TIRS супутника Landsat 8). Для цього застосовується обернена формула вираження спектральної щільності енергетичної яскравості Планка:

$$T = \frac{c_2}{\lambda \ln \left(\frac{\varepsilon c_1}{\lambda^5 L(\lambda)} + 1 \right)}, \quad (1)$$

де $L(\lambda)$ – значення спектральної щільності енергетичної яскравості поверхні у спектральному

діапазоні λ , $c_1 = 2hc^2 = 1,191 \cdot 10^{-16}$ Вт·м² та $c_2 = \frac{hc}{k} = 1,439 \cdot 10^{-2}$ м·К – перша і друга постійні закону Планка, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постійна Планка, $c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с – швидкість світла у вакуумі, $k = 1,381 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постійна Больцмана, ε – спектральний коефіцієнт теплового випромінювання земної поверхні [6].

Поверхні, вкриті рослинністю, мають порівняно високий коефіцієнт теплового випромінювання, який залежить від відношення проективної площі рослинності до повної площі відкритого ґрунту, яка також оцінюється через значення нормалізованого вегетаційного індексу $NDVI$ [7]:

$$F \cong \left(\frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_\infty - NDVI_0} \right)^2, \quad (2)$$

де F – проективне покриття рослинності, $NDVI_0$ – максимальне значення нормалізованого вегетаційного індексу відкритого ґрунту (або іншій поверхні, де повністю відсутня рослинність); $NDVI_\infty$ – мінімальне значення нормалізованого вегетаційного індексу поверхні, повністю покритою рослинністю.

Для ділянок поверхні покритих рослинністю спектральний коефіцієнт теплового випромінювання описується співвідношенням [8]:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot F + \varepsilon_0(1 - F) + \Delta\varepsilon, \quad (3)$$

де ε_0 та ε_1 – бібліотечні спектральні коефіцієнти теплового випромінювання відкритого ґрунту та рослинності відповідно; $\Delta\varepsilon$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність відображення шорсткої поверхні (стандартне значення для шорсткої поверхні в дальньому інфрачервоному діапазоні $\Delta\varepsilon \approx 0,005$).

Масові загорання відбувалися саме на осушених торфовищах. Переважало неповне горіння торфу з виділенням великої кількості диму. Відкриті осередки полум'я спостерігалися досить рідко, в місцях з деревною рослинністю. Аналіз теплових зображень середини жовтня 2014 та 2015 років, не зважаючи на відносно низькі температури приземного повітря, показав перегрів ґрунту на деяких торфовищах до температури 47°C.

(рис.3). На знімках візуально відмічається збільшення площ перегрітого торфу у 2015 р. по відношенню до 2014 р., що може свідчити про підземне тління торфу. Саме такі ділянки теплових аномалій, виділених в осінній прохолодний період, на основі обробки КЗ є потенційно пожежонебезпечними і вимагають моніторингу.

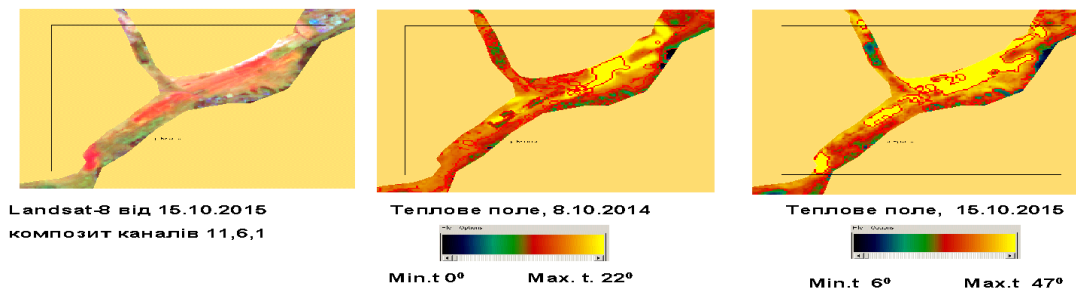


Рис. 3. Стан теплового поля на відтинку між селами Красне та Михайлівка-Рубежівка ріки Бучанка (лівий приток р.Ірпінь)

В листопаді 2015 р. співробітниками ЦАКДЗ разом зі спеціалістами компанії Drone.UA та МНС України проводилися польові дослідження по визначенню температури поверхні та виявленню осередків прихованого горіння торфу торфовища Трубіж, що знаходяться на схід від с. Данівка Козелецького району Чернігівської області. На меліорованій території болота Трубіж, внаслідок зниження ґрунтових вод, пересихання і зубожіння торфогрунтів, регулярно виникають пожежі. У вересні 2015 р. горінням було охоплено біля 70 га торфовища. За результатами розрахунку температури поверхні (КЗ Landsat - 8 від 2014 та 2015 років) визначено, що дане торфовище є значним осередком пожежі в даному регіоні і відрізняється великими площами займань. На зображенні помаранчевим і червоним кольором виділяються гарячі поверхні, а світло-жовтим безпосередньо осередки вогню. Серпневий знімок не виявив теплову аномалію на торфовищі Трубіж (рис. 4).

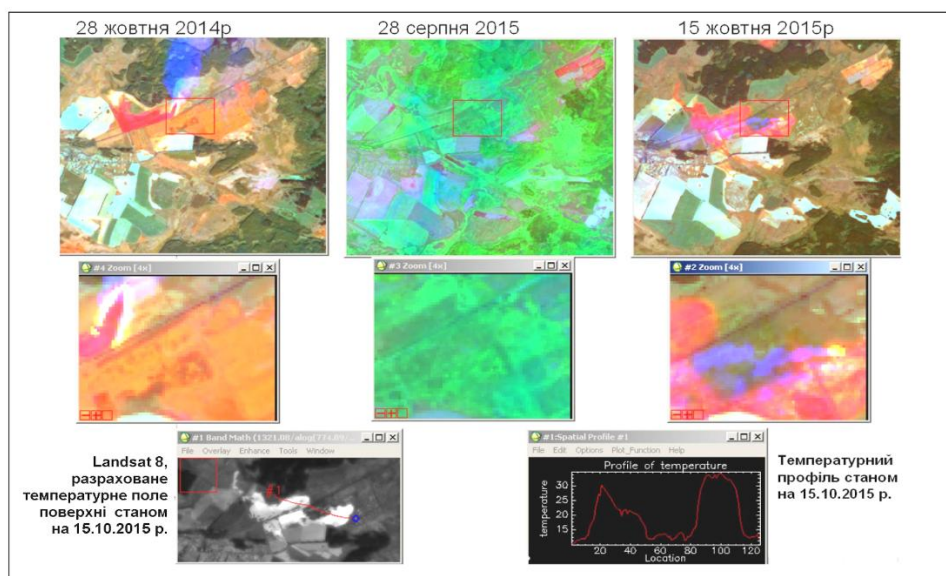


Рис. 4. Моніторинг пожежі на торфовищі Трубіж за Landsat-8 з використанням теплового діапазону електромагнітного спектру

В результаті оперативних польових робіт на даній ділянці за допомогою безпілотного апарату з тепловізійною апаратурою на борту та польового тепловізора були виявлені підземні залишкові осередки горіння торфовищ вже після вжитих МНС заходів гасіння пожежі (рис.5).



Рис. 5. Технологічна схема польових досліджень

Технологічна схема оперативних польових досліджень під час пожежі включає: регіональні дослідження обсягів пожежі за допомогою наявних оперативних даних з багатозональних зображень різного просторового розрізнення; оглядові рекогносцивальні та вимірні дослідження з безпілотників, що мають на борту необхідне обладнання (GPS, тепловізори, радари); наземні завіркові дослідження за допомогою тепловізора з метою виявлення залишкових підземних осередків горіння торфу (рис. 7).

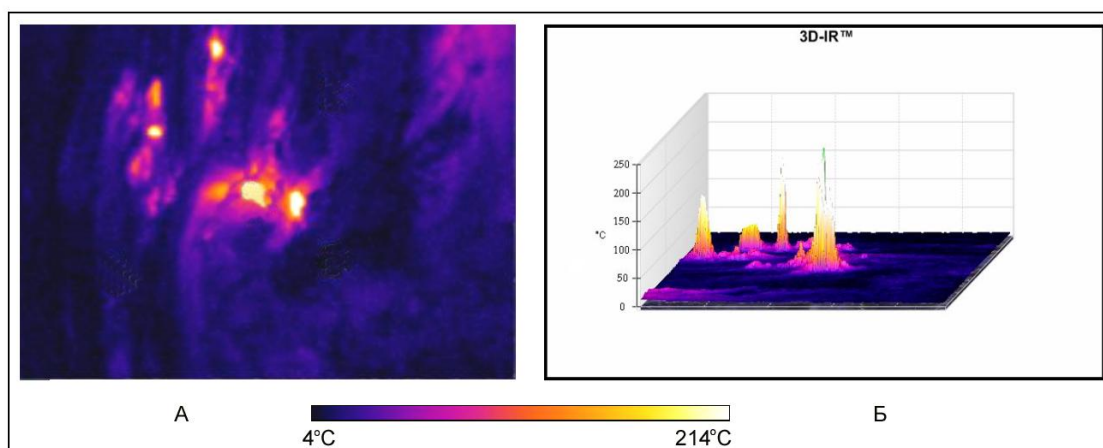


Рис. 6. Приховані підземні осередки горіння торфу, на ділянках де гасіння вже проведене

На рисунку 6 показано приклад виявлення прихованого осередку підземного горіння торфу, в деяких місцях температура горіння сягає 214°C. Саме такі залишкові осередки горіння можуть продовжувати тліти досить довгий час і спровокувати нову пожежу. Виявлення та ліквідація таких осередків має запобігати виникненню вторинних пожеж.

Висновки: багатозональні зображення дозволяють безпосередньо виділити заболочені та заторфовані ділянки земної поверхні, вирахувати індекси вологості, посушливості та вегетаційні з метою диференціації ландшафтних комплексів;

багаторічні дослідження та застосування часових рядів знімків дають можливість простежувати довготривалі зміни, що відбуваються у торфово-болотних комплексах;

обробка теплових каналів зображень дозволяє зафіксувати температуру поверхні, виявити ділянки підвищених температур та перегріву торфовищ у долинах річок та пониззях рельєфу, що являються потенційно небезпечними ареалами поширення пожеж;

за допомогою польової тепловізійної зйомки контролюється якість протипожежних заходів і виявляються приховані підземні осередки горіння торфу на ділянках де гасіння вже проведено;

використання цілісного комплексу дистанційних досліджень може успішно використовуватись для запобігання пожежних явищ на торфовищах і вести контроль за залишковими, прихованими під землею осередками горіння торфу на вже загашених ділянках.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заключение Общественной комиссии по расследованию причин и последствий лесных и торфяных пожаров в Европейской части России в 2010 году / [Электронный ресурс] / [Яблоков А. и др.]– 2014.– Режим доступа www.yabloko.ru/mneniya_i_publicatsii/2010/09/14.
2. Орлов О.О. Біогеохімія Цезію-137 у лісоболотних екосистемах Українського полісся / О. Орлов, В. Долін. К., Наук. Думка. – 2010. – 198 с.
3. Блінкова О.І. Екологічні особливості деградації лісових торфовищ під впливом пожеж / О. Блінкова, Н. Пашкевич, Т. Козиняtko. – Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.10, С.105-111.
4. Пазинич Н.В. Використання матеріалів космічного знімання при моніторингу торф'яно-болотних систем (на прикладі Київщини). Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях». – Київ-Харків-АР Крим. – 2012 р. – ISBN 978-966-8126-89-5 С.167-172.
5. Пазинич Н.В. Дослідження торф'яних боліт Українського Полісся на основі використання матеріалів дистанційного зондування Землі Міжвідомчий науковий збірник «Фізична географія та геоморфологія» – К.: ВГЛ «Обрії», 2013. – Вип. 3 (71)– С.121-127.
6. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники – М.: Советское радио, 1978.– 400 с.
7. Perez Hoyos I.C. Comparison between land surface temperature retrieval using classification based emissivity and NDVI based emissivity // International Journal of Recent Development in Engineering and Technology, 2014.– Vol.2.– No.2.– P.26-30.
8. Valor E., Caselles V. Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas / E. Valor, V. Caselles. – Remote Sensing of Environment, 1996.– Vol. 57.– No. 3.– P.167-184.

УДК 378.016:53(043.3)

Р.М. Білик
кандидат педагогічних наук, доцент

В.В. Мендерецький
доктор педагогічних наук, професор

У.І. Недільська
член-кореспондент МАН екології та безпеки життєдіяльності

О.П. Панчук
кандидат педагогічних наук, доцент

О.Г. Чорна
старший викладач

НАВЧАННЯ З АНАЛІЗУ РИЗИКУ І УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ В КОНТЕКСТІ ОСВІТИ З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА КРИЗОВОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

У статті розглянута проблема проведення навчань з безпеки життєдіяльності в європейських країнах. Проаналізовані різні підходи до організації навчань з аналізу ризику та розглядаються практичні аспекти підготовки майбутніх фахівців технологічного профілю до вирішення проблем, які пов'язані з безпекою життєдіяльності та цивільного захисту в сучасних умовах української освіти. Досліджуються теоретичні та практичні аспекти забезпечення майбутніх фахівців дієвим інструментом підготовки до майстерного і безпечного виконання технологічних процесів самого різного рівня складності.

Ключові слова: *освіта, безпека, небезпека, ризик, надзвичайна ситуація, здоров'я людини, практичні способи діяльності, безпека життєдіяльності, цивільний захист, формування адекватної поведінки, професійна компетентність.*

TRAINING RISK ANALYSIS AND SAFETY MANAGEMENT IN THE EDUCATION CIVIL PROTECTION AND CRISIS MANAGEMENT

In the article the problem of the exercise of the safety of life in European countries. Analyzed different approaches to training on risk analysis and considered the practical aspects of training of future specialists technological profile to solving problems related to safety of life and protection in modern conditions of Ukrainian education. We study the theoretical and practical aspects of future professionals an effective tool to prepare skillful and safe implementation processes of the different levels of complexity.

Key words: *education, safety, hazard, risk, emergency, health, practical ways of working, safety, civil defense, formation of adequate behavior, professional.*

Останніми роками у всіх країнах з розвинутою економікою особлива увага звертається на забезпечення підготовки фахівців в галузі аналізу ризику і управління безпекою. Виходячи з сучасних уявлень, безпека життєдіяльності є багатогранним об'єктом розуміння і сприйняття дійсності, який потребує інтеграції різних стратегій, сфер, аспектів, форм і рівнів пізнання.

Складовими цієї галузі є різноманітні науки про безпеку. У всьому світі велика увага приділяється вивченню дисциплін, пов'язаних з питаннями безпеки [12].

Досвід американської освіти навчань з ризиків в Гарвардському, Стенфордському і Каліфорнійському університетах, дає підставу стверджувати, що підготовку фахівців з вищою освітою доцільно розвивати у трьох основних напрямках, що безпосередньо присвячені дослідженням ризику: формувати вміння ідентифікувати небезпеки, оцінювати конкретні ризики, аналізувати результати, моделювати і прогнозувати розвиток небезпечних ситуацій, виробляти рекомендації щодо ефективних заходів управління ризиком для відповідальних за ухвалення рішень; навчання фахівців, що уміють розуміти результати аналізу ризику і використовувати їх в своїй роботі (технічні ВНЗ та гуманітарні спеціалізації); підготовка на спецкурсах керівних кадрів центрального і регіонального рівнів, здатних використовувати результати аналізу ризику у процесі ухвалення рішень і розуміти, які можливості, недоліки і невизначеності закладені в аналізі і як їх коректно врахувати.

Згідно з Європейською програмою навчання у сфері наук з ризиків «FORM OSE» науки про безпеку мають світоглядно-професійний характер. До них належать: гуманітарні (філософія, теологія, лінгвістика); природничі (математика, фізика, хімія, біологія); інженерні науки (опір матеріалів, інженерна справа, електроніка); науки про людину (медицина, психологія, ергономіка, педагогіка); науки про суспільство (соціологія, економіка, право).

У масштабі «Великої Європи», включаючи країни на території колишнього СРСР, а також держави Середземномор'я, найбільш перспективною освітньою ініціативою представляється програма FORM-OSE, яка була прийнята Комітетом Міністрів Ради Європи в рамках Часткової Відкритої Угоди, що діє з 1987 р. Ця програма цілком присвячена розвитку європейської освіти в галузі наук про ризики і безпеку. Її учасники ведуть систематичні комплексні дослідження ринку кадрів і можливостей, що надаються університетською освітою в цій сфері [10].

За ініціативою учасників програми FORM-OSE проведені порівняльні дослідження поточного стану і перспектив розвитку даної сфери освіти в таких регіонах Європи: Нормандія (Франція), Норвегія і Басиліката (Італія). Рішенням семінару з програми FORM OSE, що відбувся на о. Крит (Греція) в березні 1999 р., затверджена Європейська градація кваліфікацій в рубрикації і переліку спеціальностей в галузі наук про ризики і безпеку: ризик-менеджер, ризик-інженер, ризик-дослідник, ризик-технік.

У рамках європейської програми FORM-OSE була підписана Угода EUR-OPA. В ній стверджується, що основні небезпеки завжди надавали підстави для ініціатив, спрямованих на розвиток освітніх програм та поширення інформації, яка представляє собою основу для політики розумної профілактики ризиків. Європейська програма навчання з ризиків FORM-OSE має на меті стимулювання підготовки навчань на трьох рівнях: шкільний рівень; університетський рівень; професійний рівень [11].

Говорячи про шкільний рівень, необхідно підкреслити, що з моменту підписання в Угоді приділялась увага до навчань дітей шкільного віку. Для цієї вікової групи передбачено два види діяльності: формування переконання щодо необхідності профілактики ризиків; налаштованість на організацію безпеки в шкільних установах. При цьому пріоритет надається діяльності, пов'язаній з запобіганням ризиків серед дітей і ґрунтується на наступних тезах: діти краще сприймають профілактичну інформацію; вони здатні добре донести таку інформацію до своєї сім'ї; діти є найбільш уразливі відносно ризиків.

Досліджуючи Європейську освіту та пропаганду знань про ризики, варто звернути увагу на те, що центр з профілактики ризиків в м. Софія (Болгарія) організував серію конференцій з цієї проблематики. Це дозволило співставити результати діяльності держав-членів, а також координувати мережу центрів, що працюють в цій галузі. На конференції «Запобігання виникненню ризиків на рівні дошкільних та шкільних освітніх закладів» в 1998 році було визнано право дітей на одержання освіти про ризики і їх профілактику, одержання відповідного захисту і організацію взаємодопомоги навчальних закладів з цієї проблеми. Одержав підтримку започаткований пілотний проект підготовки школярів на основі нових

інформаційних технологій для профілактики ризиків («Сейсмічний ризик у шкільних установах»).

В ході конференції «Роль шкільного співтовариства в управлінні ризиками» в 2000 році підкреслено право населення (тим більше на шкільному рівні), на одержання інформації, що стосується профілактики ризиків і формування відповідної поведінки у випадку кризових явищ. Прийнято рішення про створення Євро-Середземноморської мережі шкільних установ для заохочення впровадження просвітницьких програм «Культура ризику» на основі розроблених планів щодо забезпечення безпеки населення, підготовку інструкторів та створення доступних навчальних програм і модулів з організації безпеки в шкільних установах [8].

В рамках програми навчань FORM-OSE європейським центром в Нікосії (Кіпр) створено багатомовний освітній Інтернет-сайт [http:// www.besafenet.net/](http://www.besafenet.net/). В його роботі беруть участь три інші центри учасники угоди, які розміщені в м. Страсбурга (Франція), в м. Равелло (Італія) і в м. Софія (Болгарія). Цей проект має за мету освітню діяльність для запобігання ризиків на рівні школи. Він призначений для шкільних установ (діти шкільного рівня, вчителів, адміністративно-технічного персоналу, сім'ї та місцеві органи влади). До стратегічних цілей проекту відносять: інформування про правила, експерименти, інструменти які підвищують чутливість організму щодо дії на нього шкідливих речовин та підготовки до ризиків; коло осіб (діти, вчителі, адміністративний і технічний персонал, місцеві органи влади); продукція (ігри, відео, фотографії); взаємодія (подача новин і проведення електронних конференцій та досліджень).

Говорячи про організацію профілактики ризиків в шкільних установах, варто звернути увагу на висновки Міжнародного семінару «Безпека навчального процесу і будівель шкільних установ», який відбувся в Софії (грудень 2000 р.). На ньому був розроблений і затверджений Євро-Середземноморський протокол щодо попередження ризиків у шкільних установах, який містить: визначення місць найбільшої вразливості; взяття до уваги безпеку осіб; навчання персоналу (керівники, вчителі, адмінперсонал); поінформованість і об'єднання зусиль батьків та учнів; створення плану внутрішньої безпеки та виготовлення інструкцій; періодичні моделювання із аналізом попереднього досвіду; інтеграція знань з ризиків в освітній стандарт установи.

Цей Протокол був створений під егідою Європейського університету та Центру культурної спадщини м. Равелло (Італія), Євро-Середземноморська мережа шкільних закладів для заохочення навчань з ризиків. Його основним завданням є аналіз різних типів внутрішніх ризиків шкільних установ, пов'язаних з їх структурою, їх уразливості і навколишнього середовища, з тим щоб визначити необхідні дії: адекватне коригування проекту про створення структур; впровадження спільного проекту для школярів, сімей і співробітників.

Розглядаючи університетський рівень, необхідно зазначити, що програма навчання FORM-OSE на цьому рівні базується на основі Угоди, яка спрямована на сприяння у підготовці регіональних та місцевих ризик-менеджерів на державному рівні та у приватному секторі [7]. Навчання організоване на основі конкретних навчальних програм, що дають змогу використовувати нові інструменти, які розроблені для підтримки управління ризиками.

Угода почала діяти з 1995 року і передбачає більш точне визначення потреби у фахівцях в галузі управління ризиками у приватному і державному секторах. В рамках проекту передбачені навчання з ризиків в ході одержання освітнього рівня «бакалавр». Можливе проведення додаткових тренінгів в ході проведення позауніверситетських навчань і під час одержання диплому освітнього рівня «спеціаліст». Над створенням цієї програми та відповідних тренінгів співпрацювали фахівці різних професійних напрямків з різних країн-членів і з різних напрямків управління ризиками під час виникнення великих небезпек. Ризик-менеджер – це професія XXI ст., століття прийдешньої перемоги людського розуму над тенденцією нестримного зростання споживання ресурсів Землі, гармонізації людини з Природою.

В європейській країні Сан-Марино започаткована підготовка магістра з медицини катастроф. Спеціалізований європейський центр медицини катастроф був одним з організаторів цього навчання і видачі європейського сертифіката в медицині катастроф (трансформований зараз в ступінь однорічний Master). Зараз така підготовка здійснюється і в університеті м. Брюссель. Їхні випускники повинні оволодіти такими вміннями: оцінити небезпеку для здоров'я і призначити відповідний курс лікування; оцінити надзвичайну ситуацію та організувати і направити медичну команду; забезпечити обізнаність медичного персоналу в наданні допомоги в зоні надзвичайних ситуацій; проводити дослідження медичних аспектів стихійних лих та катастроф; вільно готувати доповіді з тем: «Медицина в зоні стихійних лих»; електронне здійснення моделювання стихійних лих.

Європейська програма master передбачає навчання за спеціальністю «Ризики навколишнього середовища» в м. Монпельє (Франція) і ще в двох французьких університетах. В цих університетах працює професорсько-викладацький склад, науковці зі сфери управління ризиками.

Навчання надає загальну підготовку високого рівня щодо дослідження ризиків шляхом безперервного навчання. Серед професійних якостей, можна виокремити підготовку щодо: аналізу і кількісної оцінки ризиків надзвичайних ситуацій; оцінки небезпечних наслідків вибухів (технічні, економічні, юридичні, антропологічні, культурні наслідки); вміння пропонувати рішення, адаптовані до кожної конкретної надзвичайної ситуації.

У Сержському університеті (м. Париж) проводиться спеціалізована master-підготовка в галузі управління ризиками на територіях (територіальні менеджери). Її мета – навчання управлінню ризиками на територіях як для державного так і для приватного рівня. Цей курс забезпечує комплексний підхід до управління ризиками. Здійснюється теоретична та практична підготовка, особиста дослідницька діяльність в компаніях, можливий захист професійної дисертації. Розглядаються принципи і загальні підходи до управління ризиками, обов'язки територіальних органів під час надзвичайних ситуацій, природні та техногенні ризики, міські ризики та громадська безпека, суспільна безпека, охорона здоров'я, кіберзлочинність, ризики під час обробки даних, ризики і стабільний розвиток [9]. Інші аспекти профілактики та управління ризиками повинні бути предметом академічної спеціалізованої підготовки та роботи спеціалізованих центрів. Угоди повинна каталізувати регулярне читання лекцій та проведення більш загальних тренувань з організації безпечної життєдіяльності. Говорячи про професійний рівень, зауважимо, що розглянуті master та магістерські проекти на університетському рівні є в цілому безперервними варіантами професійної підготовки. Проте, існують і більш короткі професійні тренінги. Потреба в професійних тренінгах відчувається зокрема в галузі технологічних ризиків.

Угода EUR-OPA запустила пілотний проект навчання спеціалізованих інспекторів щодо технологічних ризиків. Їх місія – перевірка відповідності до екологічних вимог і поширення контрольованих рослин згідно законодавства (дозволи або ліцензії). Він був запущений для підготовки екологічних інспекторів у 2004 році з ініціативи Міністерства з регіонального планування і навколишнього середовища Королівства Марокко. Ця ініціатива була реалізована завдяки підтримці та співпраці з французьким Національним інститутом досліджень цивільної безпеки, який допоміг передати всі електронні програми інтерактивного освітнього теленавчання через супутник.

За підтримки Генерального секретаря ООН та Генерального секретаря Ради Європи у грудні 1999 року в рамках Угоди реалізується програма підтримки створення Сил цивільного захисту через створення «Школи цивільного захисту» в м. Косово. Програма була реалізована у співпраці з Міжнародною організацією міграції (МОМ) та відділенням ООН в м. Косово. Дев'ять спеціалізованих центрів Угоди «EUR-OPA» взяли участь у цій ініціативі. Ця програма передбачає: аналіз ризиків для визначення можливостей цивільного захисту груп населення; участь у створенні «Школи цивільного захисту» в м. Косово, що дозволяє перетворити миротворчі сили в систему цивільного захисту населення; організацію 6-місячних курсів для

навчання керівників цієї школи; створення довідника для підготовки викладачів «Школи цивільного захисту».

Але наразі змушені констатувати, що в Україні останніми роками спостерігається зворотня тенденція. З подачі Кабінету міністрів України, наше Міністерство освіти і науки України ініціювало внесення змін до галузевих стандартів вищої освіти, відповідно до яких скасовується вивчення дисциплін безпеки життєдіяльності, цивільного захисту та охорони праці (як нормативних) у вищих навчальних закладах, а в загальноосвітніх навчальних закладах вивчення дисципліни ОБЖД скасовано ще декілька років тому. Практичним наслідком скасування зазначеного наказу і передача права вищим навчальним закладам самостійно встановлювати структуру і обсяги підготовки з дисциплін охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту призвело до того що більшість навчальних закладів в умовах дефіциту фінансування, скорочення викладацьких кадрів вирішує взагалі відмовитись від вивчення цих дисциплін або звести до формального рівня [7].

Світовий досвід переконує, що з кожним роком збільшується кількість факторів, що негативно впливають на життя і здоров'я людини, на безпеку її життєдіяльності. Технічний прогрес постійно, мов тінь, супроводжують техногенні аварії та нещасні випадки. В більшості випадків вони створюються самою людиною: її діяльністю, негативним впливом на природу, науково-технічним прогресом. Біді ж краще запобігти, ніж боротися з її наслідками, часто трагічними. У зв'язку з бурхливим розвитком цивілізації зростає кількість комунікацій, транспорту, виникає небезпека антропогенних катастроф, аварій, а останнім часом й тероризму. Багато шкоди людям завдають небезпеки пов'язані з: електричним струмом, газовими та водопроводними комунікаціями, радіоактивними та електромагнітними джерелами випромінювань та ін.

Безпека людини є невід'ємною складовою характеристикою стратегічного напрямку розвитку людства, що визначений ООН як «Сталий людський розвиток» – такий розвиток веде не тільки до економічного, а й до соціального, культурного, духовного зростання, що сприяє гуманізації менталітету громадян і збагаченню позитивного загальнолюдського досвіду [1].

Навчання з цивільного захисту та безпеки життєдіяльності – це освітній процес, що має за мету набуття досвіду, який сприяє корегуванню ставлення людини до власної безпеки та її оточення, розвиває її практичні навички для самозахисту в умовах зростаючого психологічного навантаження. Вивчення питань цивільного захисту та безпеки життєдіяльності – невід'ємна складова сучасної громадянської освіти у широкому розумінні цього поняття в усьому світі. Пріоритетним напрямком цієї діяльності вважається засвоєння певних знань і вмінь запобігання нещасним випадкам через формування активної соціальної позиції особи щодо її особистої безпеки та безпеки оточуючих.

Характерною рисою сучасного розвитку суспільства є зміна домінуючих видів людської діяльності в напрямку її ускладнення та підвищення рівнів безпеки людського життя. Це пов'язано з переходом людини від природних умов існування до принципово нових умов – життєдіяльності в техногенному середовищі. Сучасні темпи науково-технічного прогресу характеризуються не лише позитивними процесами, а в багатьох випадках мають суттєво негативні й небезпечні прояви [3].

Можемо констатувати, що останніми роками у всіх країнах з розвинутою економікою (США, Країни ЄС) особлива увага звертається на забезпечення підготовки фахівців в галузі аналізу ризику і управління безпекою. Складовими цієї галузі є різноманітні науки про безпеку. У всьому світі пріоритетна увага приділяється вивченню дисциплін, пов'язаних з питаннями безпеки [2].

Вважаємо за потрібне наполягати на вивченні у вищих навчальних закладах дисциплін: Цивільний захист, Безпека життєдіяльності, Основи охорони праці, Охорона праці в галузі, залишити їх на рівні, запропонованому у кваліфіковано розроблених і затверджених ще у 2011 році МОН України відповідних навчальних програмах. Ці дисципліни мають входити до переліку нормативних навчальних. Навчання має мати обов'язково практичне спрямування. Основна частина навчального часу повинна відводитись на лабораторні заняття та

індивідуальні дослідження, а не на прослуховування лекцій як це практикувалось дотепер. Вивченням дисциплін повинно завершуватись складанням іспиту або диференційованого заліку, а не носити формальний характер. Питання цивільного захисту, безпеки життєдіяльності та охорони праці мають обов'язково включатись до курсових та дипломних досліджень.

Оскільки МОН України доручило школам, професійно-технічним та вищим навчальним закладам посилити заходи з метою підготовки педагогічних працівників, учнів та студентів до дій в умовах загрози терористичних актів, тому вважаємо, що навчальні заклади мають вживати додаткових організаційних заходів щодо забезпечення належного рівня безпеки та здійснення контролю в місцях масового перебування людей. Також має бути забезпечена готовність закладів освіти, сил і засобів єдиної системи цивільного захисту до дій в умовах виникнення надзвичайних ситуації внаслідок терористичних актів з метою підвищення рівня захисту населення і територій у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із технологічними або іншими проявами терористичної діяльності, мінімізації та ліквідації наслідків таких ситуацій. У зв'язку з цим переконані, що вивчення дисциплін «Цивільний захист», «Безпека життєдіяльності» є актуальним та має бути суттєво посилено.

Згідно концепції загальноосвітньої школи України, крім загальноосвітніх завдань, школа має вирішувати завдання: ознайомлювати учнів з основними факторами ризику; формувати вміння ідентифікувати їх та проводити відповідні заходи щодо їх усунення; вчити використовувати алгоритми поведінки в надзвичайних ситуаціях. Статистика нещасних випадків з учнями зі смертельними наслідками за останні роки підтверджує необхідність посилення роботи у напрямку покращення навчань з безпеки життєдіяльності. Розподіл нещасних випадків зі смертельними наслідками наразі значно вищий ніж ще декілька років тому. Найбільш поширеними причинами загибелі дітей наразі є необережне поводження з вибухонебезпечними речовинами, хвороби, утоплення та самогубства.

Говорячи про місце навчань з цивільного захисту та безпеки життєдіяльності в системі загальної середньої освіти та їх мету, наголошуємо, що жодна людина не може постійно і безпомилково виконувати свої функції в процесі навчання, відпочинку, праці [4]. В Україні з'явилися нові фактори небезпек: терористична діяльність (прогнозуємо, що вона не обмежиться колом східних регіонів і буде поширюватись по всій Україні), підприємницька діяльність з кримінальними відхиленнями, прогресуючий наркобізнес, безробіття, відсутність реального правового захисту та ін. Але за останні роки в Україні, всупереч до загальносвітових тенденцій та практики організації освітнього процесу навіть у найближчих сусідів, з незрозумілих причин, системне вивчення питань, які пов'язані з цивільним захистом та безпекою життєдіяльності знищене. Питання, які раніше розглядались в курсі «Основи безпеки життєдіяльності» загальноосвітніх закладів зараз розпорошені по цілій низці навчальних дисциплін («Основи здоров'я», «Я у світі», «Природознавство», «Захист Вітчизни», «Екологія», Людина і світ».

Зрозуміло, що кожна освічена людина має усвідомлювати важливість питань безпеки життєдіяльності. Підготовка учнів у рамках єдиної навчальної дисципліни ОБЖД має містити теоретичні та практичні питання, спрямовані на формування світогляду, вироблення ідеології поведінки і забезпечувати випускників важливим інструментом не лише щоденного безпечного контактування з навколишнім світом, а й готувати до майстерного та безпечного виконання технологічних процесів самого різного рівня складності [6]. Розв'язання цієї проблеми у свою чергу неможливе без проведення систематичних навчань з безпеки життєдіяльності в рамках єдиної навчальної дисципліни у загальноосвітніх закладах. Тому вважаємо за потрібне наполягати на негайному відновленні вивчення дисципліни ОБЖД в загальноосвітніх навчальних закладах та запровадити в старших класах загальноосвітніх навчальних закладів вивчення цивільного захисту як окремої дисципліни [5].

Колектив кафедри методики викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, який займається підготовкою фахівців з безпеки життєдіяльності, охорони праці та цивільного

захисту, вважає помилковим та контрпродуктивним рішення Кабінету Міністрів України від 30 травня 2014 року про скасування наказу Міністерства освіти і науки України, Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Держгірпромнагляду від 21 жовтня 2010 р. № 969/922/216 «Про організацію та вдосконалення навчання з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту у вищих навчальних закладах України», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 9 листопада 2010 р. за № 1057/18352.

Формування в учнівської молоді культури безпеки життєдіяльності та цивільного захисту – процес відповідальний та багатоаспектний, цілями й завданнями якого є: навчання учнів та студентів різного віку розуміння структури, змісту і взаємозв'язків життєдіяльності людини на всіх етапах повсякденного життя; формування вмінь визначати чинники, причини і параметри виникнення надзвичайних ситуацій; ознайомлення з принципами і способами захисту від небезпечних ситуацій у повсякденному житті та у надзвичайних умовах; профілактика шкідливих звичок, своєчасне прийняття рішень щодо запобігання їм; формування розуміння критеріїв цінування здоров'я і життя як найважливішого, що є у людини, а також сталої мотиваційної установки на здоровий спосіб життя як провідної умови збереження здоров'я; ознайомлення з основними принципами, шляхами й методами збереження життя і зміцнення усіх складових здоров'я; навчання методам самооцінки і контролю стану і рівня здоров'я протягом усіх років навчання; навчання прогнозуванню результатів своєї небезпечної поведінки, нераціонального користування природними ресурсами; навчання осмислення причинно-наслідкових зв'язків – через що трапляються людські жертви та матеріальні збитки; ознайомлення з юридичними законами щодо відповідальності за порушення правопорядку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Безпека життєдіяльності (теоретичні основи): навчальний посібник / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, О.П. Панчук, О.Г. Чорна. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 276 с.
2. Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях (цивільний захист населення) / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, О.П. Панчук, Р.М. Білик. – Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друк-сервіс», 2014. – 84 с.
3. Безпека життєдіяльності та цивільний захист і методика її навчання / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, У.І. Недільська, О.П. Панчук, О.Г. Чорна. – Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друк-Сервіс», 2013. – 244 с.
4. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник / В.В. Мендерецький. П.Д. Плахтій, Б.В. Болібрух та ін. – Кам'янець-Подільський : Медобори, 2003. – 304 с.
5. Основи охорони праці (практичний курс): навчальний посібник / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, О.П. Панчук, О.Г. Чорна. – Кам'янець-Подільський: К.: Центр учбової літератури, 2011. – 224 с.
6. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький, О.П. Панчук, Р.М. Білик. – К.: Центр учбової літератури, 2013. – 322 с.
7. Мендерецький В.В. Зміст навчань з безпеки життєдіяльності в освітніх закладах України / В.В. Мендерецький, У.І. Недільська. – Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. – Випуск 5. – К-ПНУ імені І. Огієнка, 2012. – 147 с. – С. 54-59.
8. Мендерецький В. В. Методичні особливості проведення навчань з питань цивільного захисту населення і територій / В.В. Мендерецький, У.І. Недільська. – Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського нац. ун-ту ім. І. Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : К-ПНУ ім. Івана Огієнка, 2013. – Вип. 19. – С. 304-307.

9. Мендерецький В.В. Значення навчання з безпеки життєдіяльності в освітній системі України / В.В. Мендерецький, У.І. Недільська. О.Г. Чорна. – Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського нац. ун-ту ім. І. Огієнка. Серія педагогічна. – КПНУ імені Івана Огієнка, 2012. – Вип. 18: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – 254 с. – С. 215-217.

10. Мендерецький В.В. Навчання з аналізу ризику і управління безпекою / В.В. Мендерецький, У.І. Недільська. – Наукові праці Кам'янець-Подільського нац. університету імені І. Огієнка. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Поділ. нац. ун-т ім. І. Огієнка, 2013. – Вип. 12.

11. Безпеки життєдіяльності та цивільний захист населення як методологічна складова розвитку професійної компетентності майбутніх учителів фізико-технологічного профілю / В.В. Мендерецький, У.І. Недільська. – Збірник наукових праць Кам-Под. національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [Редкол.: П.С.Атаманчук (голова, наук. ред.)]. – Кам'янець-Подільський: К-ПНУ ім. Івана Огієнка, 2013. – Вип.19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технічного профілю. – С. 304-307.

12. Мендерецький В.В. Сьогоднішні можливості вивчення питань, які пов'язані з безпекою життєдіяльності в Україні / В.В. Мендерецький, У.І. Недільська. – Кам'янець-Подільський: К-ПНУ ім. Івана Огієнка, 2014. – Вип.20: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технічного профілю.

УДК 621.039.586:614.876

С.І. Азаров
д-р техн. наук, ст. наук. співр.

В.Л. Сидоренко
канд. техн. наук, доц.

А.М. Демків

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВИДУВАННЯ ^{137}Cs У ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ ПІСЛЯ ПРИРОДНИХ ПОЖЕЖ

Наведено модель дефляції (вітрового переносу радіоактивних продуктів згорання після природної пожежі) у Чорнобильській Зоні відчуження, що використовується для розрахунку горизонтальної міграції радіонуклідів у вигляді модуля дефляції. Грунтуючись на аналізі існуючих моделей, експериментальному вивченні дефляції радіонуклідів, забруднених радіоцезієм, запропонована методика розрахунку переносу еолового матеріалу, в якому містяться радіонукліди.

Ключові слова: *Зона відчуження, природні пожежі, радіоцезій, дефляція, видування.*

S. Azarov
Doc. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc.

V. Sydorenko
Cand. of Sc., Assoc. Prof.

A. Demkiv

METHOD OF CALCULATION BLOWING ^{137}Cs IN THE CHERNOBYL ZONE THE EXCLUSION AFTER WILDFIRES

The model deflation (wind transfer of radioactive products of combustion after natural fires) in the Chernobyl Exclusion Zone, which is used to calculate the horizontal migration of radionuclides in a module deflation. Based on an analysis of existing models, the experimental study of deflation radionuclide contaminated with radioactive cesium proposed method of calculating transfer aeolian material, which contains radionuclides.

Keywords: *Exclusion Zone, wildfires, cesium, deflation, blowing out.*

Постановка проблеми. У процесі Чорнобильської катастрофи на територію 30-ти кілометрової зони ЧАЕС випало у вигляді радіоактивних опадів близько 4,4 ПБк ^{137}Cs , 4,0 ПБк ^{90}Sr та 32 ТБк $^{239,240}\text{Pu}$.

З 1986 по 2014 рік у Чорнобильській зоні сталося біля 1000 природних пожеж, якими було охоплено 16,9 тис. га лісів та 19,6 тис. га трав'яного настилу. Після природних пожеж горизонтальна міграція радіоактивних продуктів згоряння (РПЗ), які містяться в ґрунтах, призводить до радіоактивного забруднення чистих територій або збільшення густини радіаційного забруднення тих ділянок, що розташовані поруч з територіями, які піддаються видуванню (дефляції).

Разом з тим, небезпека вторинного радіоактивного забруднення територій пов'язана з густиною радіоактивного забруднення ґрунту, який піддається впливу вітрової ерозії, та питомою активністю радіонуклідів в еоловому матеріалі. Існуючі матеріали щодо вітрової ерозії потребують нового аналізу у зв'язку з виникненням питань оцінки поля концентрації радіонуклідів у приземному повітрі, густини випадань на земну поверхню, дози опромінення від вторинного забруднення РПЗ, а дефляція як агент горизонтальної міграції радіонуклідів набуває нового мало вивченого напрямку.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Інформація про рівень дефляції РПЗ після природної пожежі (лісова, лугова, торф'яна, їх комбінації), пов'язана з розрахунками модуля дефляції. Такі розрахунки зручно виконувати, користуючись моделями дефляції. Проте існуюче різноманіття моделей дефляції радіонуклідів та їх аналіз спричиняють вибір саме тих, які дають можливість отримувати реальні дані про модуль дефляції для конкретних лісових пожеж і природних умовах.

Формування цілей статті. Оцінити величину радіоактивного забруднення атмосфери після пожеж у лісах, забруднених технологічними радіонуклідами, за допомогою модельного прогнозу переносу радіонуклідів після природної пожежі, експериментальним даним щодо коефіцієнту інтенсивності дефляції ^{137}Cs та їх співвідношень.

Виклад основного матеріалу. За своїм функціонуванням існуючі моделі дефляції радіонуклідів неоднозначні і можуть бути об'єднані у декілька груп [1–3]:

- прогноз дефляції, що спирається на математико-статистичні залежності факторів дефляції;
- прогноз дефляції, що спираються на результати досліджень фізичної природи ґрунтової аеродинаміки і кліматичних факторів;
- прогнозу переносу радіонуклідів при дефляції.

У наведених моделях прогнозу видуванню радіонуклідів у повітря звичайно використовувалися непараметричні коефіцієнти, які мають суб'єктивний характер виявлення (розрахунку) коефіцієнта інтенсивності дефляції. Дані моделі представлені як такі, що не враховують особливостей ґрунтових відмін, вони не містять інформацію про гранулометричний склад ґрунту, який є досить важливим показником.

Проведений вище аналіз існуючих моделей дає підставу стверджувати, що прийняті за базову модель розрахунку підйому й атмосферного переносу радіоактивних аерозолів як таку, що найбільш повно враховує фізичну сутність дефляції радіоактивних продуктів згоряння після лісовій пожежі та подає її об'єктивну параметричну оцінку у вигляді модуля неможливо. Тільки після проведення експериментальних досліджень радіоекологічного характеру, основними з яких є розподіл питомої активності радіонуклідів у структурних фракціях ґрунтів різного генетичного типу, а також спеціальних аеродинамічних досліджень, цю модель можна буде використати у прогнозних розрахунках переносу радіоактивної речовини.

Для оцінки реальних процесів поверхневого стоку радіоцезію у травні 1994 року було проведено пошаровий відбір зразків ґрунту у горілому лісі біля с. Куповате (30-кілометрова зона ЧАЕС) [4]. Результати гамма-спектрометричного аналізу ґрунту пошарово на модельному схилі після лісової пожежі показали, що на другій частині схилу відбулося значне нагромадження радіоцезію (більше ніж 2,5 рази). Ці дані свідчать про можливість інтенсифікації процесів стоку ^{137}Cs після пожежі. Очевидно, що у результаті пожежі, коли підстилка та дернина повністю вигорають, можна очікувати значного збільшення швидкості міграції та поверхневого стоку радіоцезію. На рис. 1 представлено гістограму розподілу фракції нелеткої золи (%) за масою, а на рис. 2 – гістограма розподілу активності ^{137}Cs у

зональному залишку.

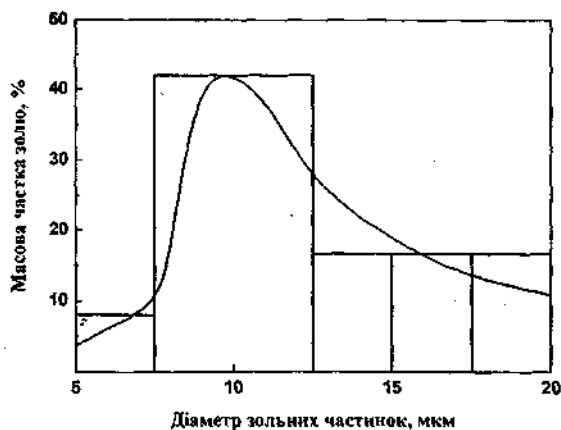


Рисунок 1 – Розподіл фракцій нелеткої золи у лісовій підстилці

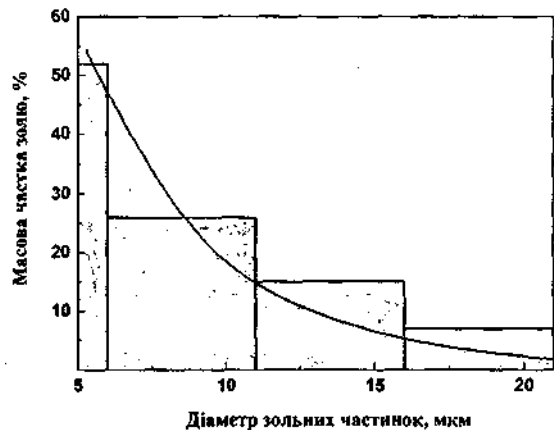


Рисунок 2 – Розподіл активності ^{137}Cs у зольному залишку лісової підстилки

Густина забруднення згорілої підстилки становила $70\text{--}900\text{ кБк/м}^2$ і була покрита радіоактивним зольними частками розміром $10\text{--}20\text{ мкм}$ з питомою активністю по ^{137}Cs $0,6\text{--}1,5\text{ кБк/кг}$, які можуть стати вторинним джерелом радіаційного забруднення навколишнього середовища за рахунок дефляції.

У табл. 1 наведено розподіл активності ^{137}Cs у зольному залишку залежно від дисперсності зольних часток.

Таблиця 1 – Розподіл активності ^{137}Cs в зольному залишку в залежності від їх дисперсності для різного виду паливного матеріалу, %

Тип рослинної біомаси	Діаметр зольних часток, мкм				
	< 2,0	< 4,0	< 6,0	< 8,0	< 10,0
Лісова підстилка	45	30	15	12	8
Гілки і хвоя сосни	40	25	17	8	10

Зміна активності ^{137}Cs в зольному залишку проводили на напівпровідниковому γ -спектрометрі з використанням багатоканального аналізатора з похибкою $\leq 15\%$. З даних, наведених у табл. 1 видно, що максимум розподілу фракції золи за розміром і активності ^{137}Cs складає $\sim 70\%$ для лісової підстилки, для хвої та гілок сосни $> 60\%$ та припадає на частки розміром $1\text{--}5\text{ мкм}$ і це значення зменшується зі збільшенням розміру часток золи. Отримані дані дозволили розрахувати швидкість вільного осадження крупних часток золи розміром $< 20\text{ мкм}$ за законом Стокса.

$$V_{\text{пс}} = \frac{g d_s}{18 \eta_s} (\rho_s - \rho_s), \quad (1)$$

де g – прискорення вільного падіння частки золи, $\text{м}^2/\text{с}$;

d_s – аеродинамічний еквівалент діаметру часток золи, мкм;

η_s – динамічний коефіцієнт в'язкості повітря, Па/с;

ρ_z – густина часток золи, кг/м³;

ρ_v – густина повітря, кг/м³.

Середня швидкість сухого осадження радіоактивної золи склала 0,008 м/с. Поверхня лісової підстилки після пожежі буде покрита радіоактивними зольними частками розміром 5–20 мкм з активністю по ¹³⁷Cs більше 60 %, які можуть стати вторинним джерелом забруднення навколишнього середовища за рахунок дефляції. Причому поширення радіоактивної золи залежатиме від коефіцієнта вітрового захоплення, який є усередненою характеристикою від геометричних розмірів і форм часток золи, їх фізико-хімічних властивостей, від структури і стану поверхні землі, наявності та виду рослинного покриву. Розподіл зольних часток ¹³⁷Cs за розмірами задовільно апроксимувати логнормальною функцією виду:

$$n(r) = \frac{n_0}{\sqrt{2\pi} \cdot \lg \sigma_g} \exp \left[-\frac{\lg(r/r_0)}{2 \lg^2 \sigma_g} \right], \quad (2)$$

де $n(r)$ – число зольних часток ¹³⁷Cs в інтервалі $r, r + dr$;

n_0 – інтегральна концентрація зольних часток ¹³⁷Cs, що визначена з логнормального розподілу;

r_0 – медіанний радіус зольних часток ¹³⁷Cs, мкм;

σ_g – стандартне геометричне відхилення.

Розподіл питомої активності радіоцезію у структурних фракціях ґрунтів після природний пожежі залежить від їх генетичного типу. Не пояснюючи в межах даної роботи природу цього явища, що було предметом спеціальних досліджень [5, 6], зазначимо, що в торф'яних і дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах питома активність ¹³⁷Cs збільшується зі зменшенням діаметра структурних фракцій. Інтенсивність видування ґрунту з осадженими ¹³⁷Cs значною мірою залежать від його гранулометричного складу і вмісту в ньому гумусу:

- на ґрунтах супіщаного гранулометричного складу вітрова ерозія починає проявлятися при швидкості вітру 3–4 м/с;

- на легкосуглинкових – 4–6 м/с;
- на важкосуглинкових – 5–7 м/с;
- на глинистих – 7–8 м/с.

Зольні частки розміром 0,05–0,10 мм переміщуються при швидкості вітру 3–3,5 м/с на висоті 0,15 м. Частки золи розмірами 0,25 мм переносяться вітром у повітрі, якщо збільшується сила вітру – зростає інтенсивність вітрової ерозії ¹³⁷Cs.

З метою виявлення закономірностей розподілу активності ¹³⁷Cs у структурних фракціях ґрунтів та визначення її в тій частині ґрунту, що транспортується вітром (мова йде про структурні фракції розміром до 1 мм у діаметрі, про еоловий матеріал), були проведені спеціальні аеродинамічні експериментальні дослідження, результати яких наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Питома активність радіоцезію в ґрунтах та їх ерозійній фракції

Статистичний показник	Дерново-підзолистий суглинковий		Дерново-підзолистий суглинковий		Торфовий	
	ґрунт	еоловий матеріал	ґрунт	еоловий матеріал	ґрунт	еоловий матеріал
Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг	770	550	760	780	540	990

Стандартна похибка, Бк/кг	214,7	219,3	150,4	143,2	115,8	175,1
Стандартне відхилення	607,2	620,4	425,5	405,1	463,0	700,2
Дисперсія вибірки	368691	384882	181053	164100	214375	490327
Ексцес	4,68	6,84	0,84	0,21	3,98	0,74
Мінімум	200	70	270	250	113	187
Максимум	2150	2045	1575	1505	1810	2470
Коефіцієнт варіації	79,0	113,0	56,3	51,8	86,3	71,1

З приведених в табл. 2 даних бачимо, що активність ^{137}Cs у еоловому матеріалі трьох типів ґрунтів, що аналізувалися, коливалася у межах від 540 на мінеральних до 990 Бк/кг на органічних ґрунтах. Причому активність еолового матеріалу торфовищ перевищувала в 1,8 рази питому активність еолового матеріалу 0–5 см шару ґрунту. Коефіцієнт інтенсивності дефляції ^{137}Cs після природний пожежі визначали за даними натурних спостережень:

$$K(t) = \frac{0,1 P_i m b V_2}{S a t V_1}, \quad (3)$$

де: $K(t)$ – коефіцієнт інтенсивності дефляції, кг/га·год.;

P_i – коефіцієнт, що характеризує тип природний пожежі (лісова, лугова, торф'яна, їх комбінація);

m – середня вага шару ґрунту, забрудненого ^{137}Cs після природної пожежі, що вловлюється пиловловлювачем під час інтенсивного вітру, кг;

t – час дефляції, год.;

V_1, V_2 – середня та базисна ($10,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) швидкість вітру на висоті 0,5 м, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

a – ширина приймальної частини пиловловлювача, см;

b – ширина природний пожежі, м;

S – площа природний пожежі, га.

Для ґрунтів, що досліджувалися, були розраховані коефіцієнти інтенсивності дефляції (табл. 3).

Таблиця 3 – Агрохімічні показники ґрунтів і коефіцієнт інтенсивності дефляції ґрунтів за ^{137}Cs при швидкості вітру більше 10 м/с на висоті флюгеру за параметром шорсткості 0,01 м

Ґрунт	pH _{KCl}	Гумус, %	Коефіцієнт дефляції, кг/га · год.
Дерново-підзолистий піщаний	5,6	2,1	1,5
Дерново-підзолистий супіщаний	5,4	1,6	0,6
Дерново-підзолистий суглинковий	5,9	3,7	0,007
Торфовище осушене	5,7	6,8	0,14

Розробка моделі прогнозу вивітрювання радіоцезію у повітря після природної пожежі спирається передусім на те, що вона повинна істотно розкривати природу дефляції, насамперед таку, як питома активність ^{137}Cs , максимальна швидкість вітру, тривалість пилових бур тощо. Інтенсивність і напрямки горизонтальної міграції ^{137}Cs пов'язані зі швидкістю вітру, його динамічними характеристиками, сприйнятливостю ґрунту до дефляції,

ступенем захищеності його від впливу вітру, стійкості ґрунту, наявності рослинного покриву, особливостей рельєфу, погодних умов та інших чинників.

На рис. 3 приведено залежність коефіцієнту інтенсивності дефляції $K(t)$ після торф'яної пожежі для різних метеорологічних умов (швидкості вітру та категорії погоди):

- Д – нестійка стратифікація атмосфери, що характерна для сонячної літньої погоди (конвекція);
- В – нейтральна стратифікація для літньої погоди з перемінною хмарністю (ізотермія);
- А – стійка стратифікація атмосфери, що характерна для морозного зимнього дня (інверсія).

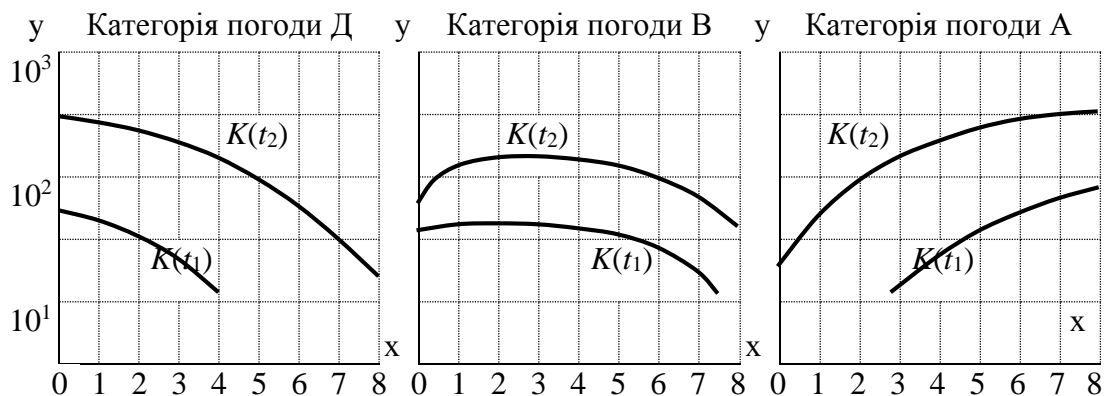


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнту інтенсивності дефляції $K(t)$ після торф'яної пожежі від метеорологічних умов (вісь x – швидкість вітру, м/с; вісь y – площа зони забруднення ^{137}Cs , m^2), де $K(t_1) > 1$; $K(t_2) < 1$

Висновки. Таким чином, використовуючи викладену вище модель прогнозу переносу радіонуклідів після природної лісової пожежі, а також експериментальні дані по коефіцієнту інтенсивності дефляції ^{137}Cs та їх співвідношення у повітрі, можна оцінити величину радіоактивної забрудненості атмосфери.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ветроэрозионные процессы и особенности создания оптимальных комплексных решений охраны почв в зоне загрязнения радионуклидами / Б.С. Пристер и др. // Проблемы сельскохозяйственной радиозащиты: сб. научн. трудов Укр. НИИ сельскохоз. радиологии. – 1991. – С. 64–74.
2. Васенков Г.І. Горизонтальна міграція цезію-137 при ерозійних процесах / Г.І. Васенков, О.Є. Поліщук // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 9. – С. 37–39.
3. Долгилевич М.И. Функции органического вещества, определяющие поведение радиоцезия в системе почва-растение / М.И. Долгилевич, К. Йохансон, Г.И. Васенков // Вісн. аграр. науки. – 1997. – № 3. – С. 19–25.
4. Азаров С.І. Дослідження надходження ^{137}Cs в повітря при лісових пожежах в Чорнобильській зоні / С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, О.В. Руденко, А.В. Пруський // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2011. – Вип. 9. – С. 5–10.
5. Борисюк Б.В. Агроекологічна оцінка радіоактивно забрудненого ґрунтового покриву виведеного із сільськогосподарського обігу / Б.В. Борисюк, В.А. Трембіцький, О.М. Лукомський // Зб. наук. праць Подільського ДАТУ. – 2009. – С. 131–136.
6. Вторичный подъем радиоактивного аэрозоля в приземном слое атмосферы [Текст]: монография / Е.К. Гаргер; НАН Украины, Ин-т проблем безопасности атом. электростанций. – Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС, 2008. – 192 с.

УДК: 351:347.132.15

О.Г. Барило
к.т.н., с.н.с.

С.П. Потеряйко
к.військ.н., доцент

МОДЕЛЬ ПОРІВНЯННЯ ЯКОСТЕЙ КЕРІВНИКА ЗА СТИЛЯМИ КЕРІВНИЦТВА В УМОВАХ РИЗИКУ

Анотація. У науковій статті досліджено підходи до моделювання порівняння якостей керівника за альтернативними стилями керівництва під час виконання завдань в умовах ризику. Виявлено залежність між якостями керівника та результатом виконання завдань у надзвичайній ситуації. Визначено, що ліквідація надзвичайної ситуації здійснюється за етапами, на кожному з яких мають місце ризики прийняття хибного рішення та зриву виконання завдань. Розроблено модель, розрахункову задачу та проведено розрахунки порівняння розподілу пріоритетів між альтернативними стилями керівництва.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, ризики, метод аналізу ієрархії, якості керівника, стилі керівництва.

A MODEL OF COMPARISON OF INTERNALS OF LEADER IS AFTER STYLES OF GUIDANCE IN THE CONDITIONS OF RISK

Annotation. In the scientific article, going is investigational near the design of comparison of internals of leader after alternative styles of guidance during implementation of tasks in the conditions of risk. Dependence is educed between the internals of leader and result of implementation of tasks in an emergency. Certainly, that liquidation of emergency comes true after the stages on each the risks of acceptance of erroneous decision and blowing off implementation of tasks take place of that. A model is worked out, calculation task and the calculations of comparison of distribution of priorities are conducted between alternative styles of guidance.

Key words: emergency, risk, hierarchy analysis method, manager competences, leadership style.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В сучасних умовах розбудови демократичної, правової держави, що обрала європейські цінності, важливим питанням є забезпечення впровадження надійної системи реагування на надзвичайні ситуації, зростання кількості та масштабності яких становить загрозу безпечній

життєдіяльності суспільства. Тому, на органи державного управління покладається низка завдань щодо забезпечення безпеки суспільства в цілому, і кожного громадянина – зокрема.

У той же час, нажаль, досвід діяльності органів державного управління свідчить про те, що найчастіше рішення, що ними приймаються в складних умовах надзвичайних ситуацій, не завжди відповідають обсягу та характеру завдань, а ризики прийняття хибного рішення зростають.

Таким чином, існує проблема, яка полягає у тому, що з одного боку – обсяги та зміст завдань, що постають перед керівником, зростають та ускладнюються, а з іншого – існуючі науково-методичні підходи до моделювання порівняння альтернативних стилів керівництва та якостей керівника з метою забезпечення виконання завдань за етапами в умовах ризику недостатньо досліджені. Крім того, досліджено, що недоліки в організації управління під час реагування на надзвичайні ситуації переважною більшістю пов'язані як із професійною підготовкою керівників, так і з комплексом їх якостей, що проявляються в складних умовах обстановки.

Проблемні питання, пов'язані з функціонуванням механізмів державного управління, були і залишаються у колі уваги науковців різних сфер діяльності.

Серіков А.В. та Семенов Г.І. обґрунтували необхідність творчого підходу в управлінні ризиками розробленого проекту будівництва, навели складові творчого мислення, показали ступінь їх впливу, як елементів нижчого рівня ієрархічної моделі, на елементи вищого рівня із застосуванням методу аналізу ієрархій, розробленого Т. Сааті, що дозволило отримані експертні висновки у вербальному вигляді трансформувати і створити моделі впливу одного рівня на елементи другого рівня ієрархічної моделі розподілення творчих зусиль в розробленому проекті та в ході аналізу проведених розрахунків дало авторам можливість довести, що найважливішою проблемою будь-якого розробленого проекту є створення умов для креативного ризик-менеджменту в проекті [1].

Науковці, що працюють у сфері цивільного захисту, пожежної та екологічної безпеки також досліджують вищезазначені проблемні питання із застосуванням згаданого науково-методичного підходу.

Так, Фесянов П.О. обґрунтував науково-теоретичні засади державного регулювання екологічної безпеки на рівні регіону і визначив на цій основі головні напрями підвищення його ефективності, а також в межах цього завдання запропонував методіку оцінки ефективності механізму державного регулювання екологічної безпеки регіону із застосуванням методу аналізу ієрархій [2].

Федоренко М.П. на основі аналізу результатів інспекції протипожежного стану об'єктів газонафтопереробного підприємства побудував оптимізаційну модель підсистеми профілактики пожежі системи забезпечення пожежної безпеки, визначив її параметри із застосуванням методу аналізу ієрархій, що дозволило підвищити ефективність вищезгаданої підсистеми [3].

Таким чином, виявлена прогалина у масиві наукових досліджень, сутність якої полягає у недостатньому дослідженні підходів до створення моделі порівняння альтернативних стилів керівництва та якостей керівника з метою забезпечення виконання завдань за етапами в умовах ризику, що, частіше всього, закладена у недостатніх якостях керівників органів управління, внаслідок чого ставиться під загрозу виконання відповідальних завдань, пов'язаних з ризиком життя населення, що потрапило у зону надзвичайної ситуації.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

На підставі попередніх наукових досліджень, досвіду діяльності органів управління та сил цивільного захисту створити ієрархічну модель порівняння якостей керівника за альтернативними стилями керівництва та етапами їх реалізації, виявити залежність між якостями керівника органу управління та результатом виконання завдання у надзвичайній ситуації.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вважаємо, що якості керівника найбільш повністю розкриваються під час управління ліквідацією надзвичайної ситуації. Статутом дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, затвердженого наказом МНС України від 13.03.2012 № 575 визначено, що під час ліквідації надзвичайної ситуації управління силами цивільного захисту розпочинається з моменту отримання керівником органу управління (підрозділу) інформації про її виникнення і здійснюється з урахуванням розвитку обстановки в районі надзвичайної ситуації та включає певні заходи, що можна розподілити за етапами, а саме [4]:

перший – виконання попередніх заходів: уточнення та оцінка обстановки, визначення першочергових завдань, які необхідно провести негайно для прискорення підготовки сил і засобів до виконання завдань з ліквідації надзвичайної ситуації, та надання попередніх розпоряджень для підрозділів цивільного захисту, подальший аналіз ситуації (збір даних про характер та масштаби надзвичайних ситуацій, розрахунок сил і засобів);

другий – прийняття рішення на ліквідацію надзвичайної ситуації: підготовка та прийняття рішення і доведення завдань до підрозділів цивільного захисту, здійснення постійного моніторингу (збір даних про обстановку), оперативне інформування органів державної влади про розвиток надзвичайної ситуації та вжиті заходи для ліквідації надзвичайної ситуації;

третій – організація управління, взаємодії та забезпечення: організація всебічного забезпечення рятувальної операції, залучення сил і засобів цивільного захисту місцевих органів виконавчої влади, міністерств, інших центральних органів виконавчої влади відповідно до планів реагування та взаємодії, організація взаємодії, зв'язку та забезпечення взаємного обміну інформацією з приданими силами;

четвертий – виконання завдання з ліквідації надзвичайної ситуації: координація та контроль за проведенням аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт, підготовка доручень щодо залучення сил і засобів з інших регіонів, організація повернення сил і засобів до місць постійної дислокації після виконання завдань з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

На кожному з вищезазначених етапів управління силами цивільного захисту мають місце ризики прийняття хибного рішення та зриву виконання завдань і, як наслідок, загрози життю та здоров'ю населення, яке потрапило в зону надзвичайної ситуації.

Так, на першому етапі можуть виникнути ризики неповної та недостовірної оцінки обстановки в зоні надзвичайної ситуації, обсягу робіт, отримання недостатніх даних про характер та масштаби надзвичайної ситуації, як наслідок – нераціональний розрахунок сил і засобів, що залучаються до її ліквідації, на другому – прийняття необґрунтованого рішення,

нераціонального розподілу сил цивільного захисту за завданнями, напрямками та районами їх виконання, що може спричинити загрозу життю та здоров'ю населенню в зоні надзвичайної ситуації, на третьому – недостатнього забезпечення підрозділів і населення необхідними ресурсами, неузгодженості дій сил цивільного захисту, що також може призвести до тяжких наслідків та зриву виконання поставлених завдань.

Усі заходи за вищезазначеними етапами можуть бути виконані у повному обсязі, прийняте обґрунтоване рішення, організовано забезпечення та взаємодія, але на четвертому етапі можуть виникнути ризики, пов'язані з недостатньою координацією дій, контролю, що може поставити під загрозу виконання завдань.

Виявлено, що у значній мірі вищезазначені ризики пов'язані із якостями керівника органу управління.

У дослідженні розроблено та запропоновано ієрархічну модель порівняння якостей керівника органу управління за альтернативними стилями керівництва та етапами їх реалізації, що наведено на рис. 1 [5].

Ієрархічна модель будується на системі показників (факторів), а саме:

загальносистемний показник – інтегральна якість керівника, необхідна для виконання завдань в умовах ризику (Ф1);

системні показники – узагальнені якості керівника, що реалізуються під час виконання завдань за заходами та етапами (Ф2 – етап організації виконання завдань, Ф3 – етап виконання завдань, Ф4 – виконання попередніх заходів, Ф5 – прийняття рішення, Ф6 – організація управління, взаємодії, забезпечення, Ф7 – ліквідація наслідків надзвичайної ситуації, Ф8 – загальні якості, Ф9 – професійні якості, Ф10 – особистісні якості);

часткові (елементні) показники: якості керівника, що реалізуються під час виконання завдань з ліквідації надзвичайної ситуації (Ф11 – рівень інтелекту, Ф12 – рівень фундаментальних знань, Ф13 – життєвий досвід, Ф14 – рівень схильності до ризику, Ф15 – компетентність, Ф16 – відповідальність, Ф17 – гідність, Ф18 – мотиваційність, Ф19 – гнучкість, Ф20 – генерація нових ідей, Ф21 – відчуття часу і подій, Ф22 – здатність йти на розумний ризик, Ф23 – працездатність, Ф24 – здатність до системного мислення, Ф25 – комунікабельність, Ф26 – креативність, Ф27 – тренувана пам'ять, Ф28 – стресостійкість в умовах ризику).

Альтернативами в ієрархічній моделі є стилі керівництва: авторитарний, демократичний, ліберальний та ситуаційний. Задачею ставилось порівняти альтернативні стилі керівника органу управління, що діє в умовах ризику, а метою – обрати раціональні якості керівника, що забезпечують виконання завдань в умовах ризику.

При цьому, застосування методу аналізу ієрархій дозволило порівняти альтернативні стилі керівництва по кожному з усієї сукупності факторів та обрати найвищі з них за чисельними значеннями пріоритетів, що відповідають ситуативному, виявити взаємозв'язок між якостями керівника та етапами виконання завдання, що дозволяє керівнику, в залежності від обстановки та в умовах ризику, застосовувати найбільш раціональний стиль керівництва. У подальшому, за допомогою діалогової системи багатофункціонального аналізу інформації і підтримки прийняття рішення „Фактор”, проведено розрахунки. Узагальнений результат розподілу пріоритетів між альтернативними стилями керівництва наведено на рис. 2 [5].

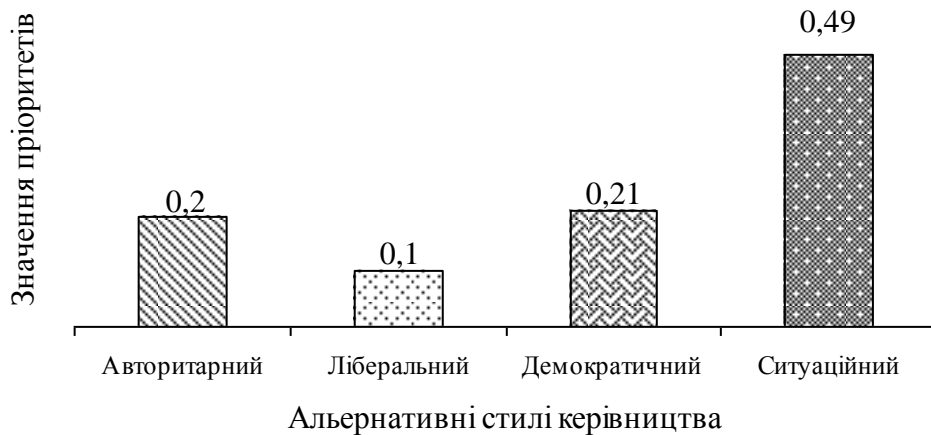


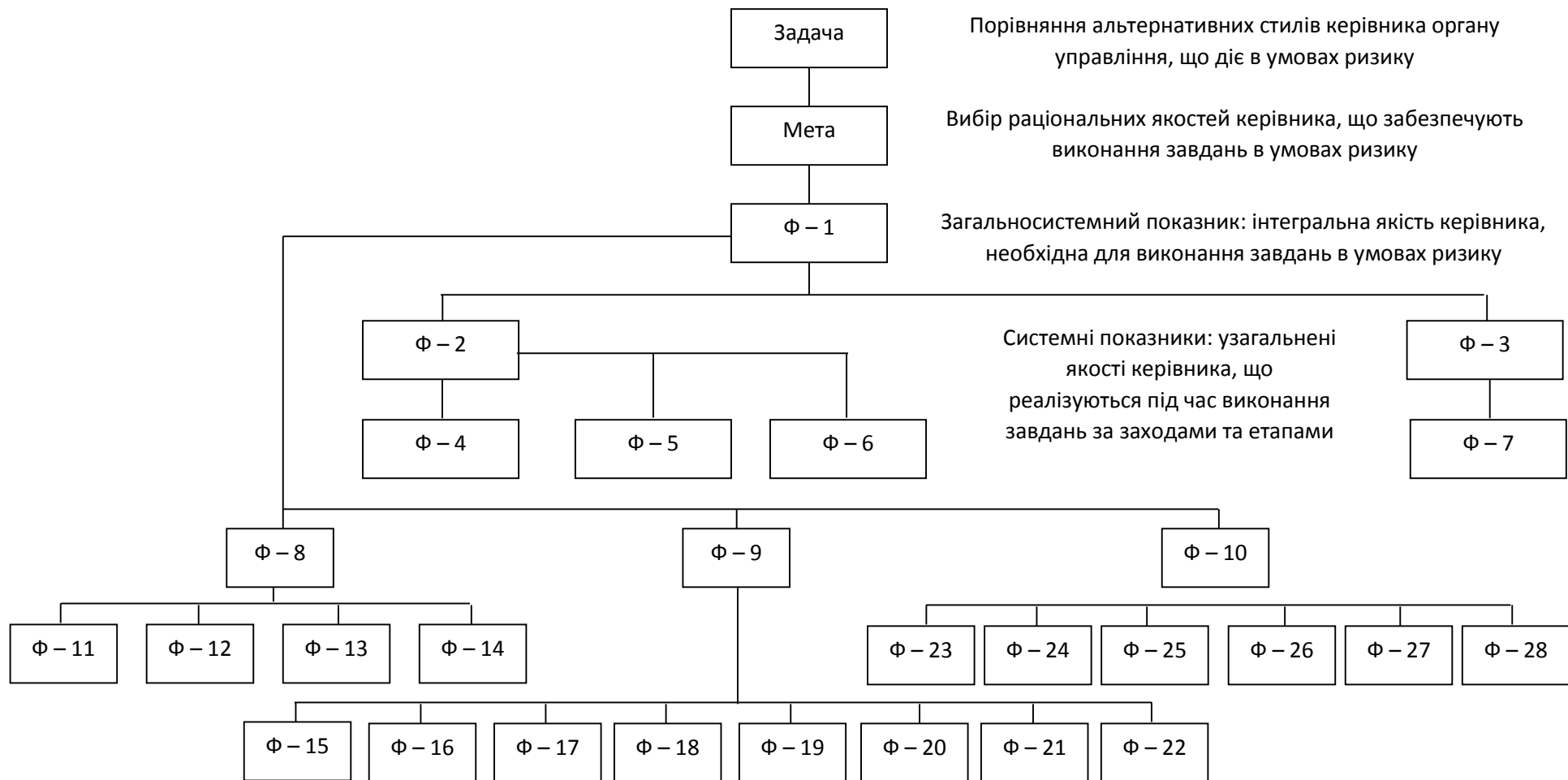
Рис. 2. Розподіл пріоритетів між альтернативними стилями керівництва

Аналіз результатів розрахунків порівняння розподілу пріоритетів між альтернативними стилями керівництва за вибірковими показниками елементного, системного та загальносистемного рівнів показав, що на елементному рівні при застосуванні авторитарного стилю керівництва переважають такі якості, як компетентність та життєвий досвід, при застосуванні ліберального та демократичного стилів – креативність та компетентність, ситуаційного – життєвий досвід та креативність

Порівняння розподілу пріоритетів між альтернативними стилями керівництва за системними показниками узагальнених якостей керівника свідчить про те, що професійні якості преважують при застосуванні авторитарного стилю керівництва, особистісні якості – при ліберальному та демократичному стилях, особистісні та професійні – при ситуаційному стилі керівництва.

У той же час, аналіз результатів розрахунків щодо розподілу пріоритетів між альтернативними стилями керівництва за етапами виконання завдань показує, що на етапі організації його виконання переважають ліберальний та демократичний стилі, на етапі виконання завдання – авторитарний та ситуаційний стилі.

Узагальнений результат розподілу пріоритетів між альтернативними стилями керівництва показав, що за інтегральним показником якості керівника найвищі значення мають демократичний та ситуаційний стилі керівництва.



Порівняння альтернативних стилів керівника органу управління, що діє в умовах ризику

Вибір раціональних якостей керівника, що забезпечують виконання завдань в умовах ризику

Загальносистемний показник: інтегральна якість керівника, необхідна для виконання завдань в умовах ризику

Системні показники: узагальнені якості керівника, що реалізуються під час виконання завдань за заходами та етапами

Часткові (елементні) показники: якості керівника, що реалізуються під час виконання завдань

Альтернативи – стилі керівництва:

- 1. Авторитарний 2. Демократичний
- 3. Ліберальний 4. Ситуаційний

з ліквідації надзвичайної ситуації Ф1 – загальносистемний показник (фактор)

Ф2-Ф10 – системні показники (фактори)

Ф11-Ф28 – елементні показники (фактори)

Рис. 1. Ієрархічна модель порівняння якостей керівника за альтернативними стилями керівництва та етапами їх реалізації

ВИСНОВКИ

Таким чином, виявлено залежність між якостями керівника органу управління та результатом виконання завдання у надзвичайній ситуації, що полягає в обранні керівником найбільш раціонального стилю керівництва залежно від характеру, масштабів надзвичайної ситуації та етапу її ліквідації.

Розроблена модель, розрахункова задача та результати проведених розрахунків свідчать, що найбільш раціональними стилями керівництва під час виконання складних завдань у надзвичайних ситуаціях є демократичний та ситуаційний стилі. Найвищими показниками за пріоритетами виявлено особистісні та професійні якості, у тому числі здатність йти на розумний ризик.

Подальшим напрямом наукових досліджень за вищерозглянутою проблематикою вбачається розроблення ієрархічної моделі порівняння розподілу пріоритетів між альтернативними способами організації управління у надзвичайній ситуації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Серіков А.В., Семенова Г.І. Креативне управління ризиками – важлива проблема українського девелопменту // Економіка будівництва і міського господарства, Т. 4, № 3. – 2008. – С. 137-144.
2. Фесянов П.О. Державне регулювання екологічної безпеки // автореф. дис... к.держ.упр. К.: 2013. – с. 23.
3. Федоренко М.П. Підвищення ефективності системи профілактики пожежі газонафтопереробного підприємства // автореф. дис... к.т.н. Харків.: 2011. – с. 22.
4. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, затверджений наказом МНС України від 13.03.2012 № 575.
5. Барило О.Г., Потеряйко С.П. Підходи до управління ризиками під час виконання завдань з ліквідації надзвичайної ситуації // Інвестиції: практика та досвід. – 2015. – № 23. –С. 144-147.

ОЦІНКА РІВНЯ РИЗИКУ – ГОЛОВНА СКЛАДОВА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Васильєв Ігор Олександрович
Інституту державного управління у сфері цивільного захисту
м. Київ, вул.Вишгородська, 21, 430-93-93, iduszcz.kyiv@mns.gov.ua

Анотація. У статті висвітлені окремі питання управління ризиками у сфері пожежної та техногенної безпеки, а також розкриті проблеми, що утворилися у наслідок недосконалого законодавчого та нормативно-правового забезпечення у цій сфері.

Ключові слова: управління ризиками, забезпечення пожежної безпеки, контрольно-наглядові функції, профілактична робота, нормативно-правове забезпечення, кількісна модель.

АБСТРАКТ

The article deals with the main problems of risk factors management in the sphere of fire and disaster safety. It also highlights the problems caused by imperfect legal provision in this sphere.

Keywords: risk management, fire safety provision, control function, preventive measures, standard legal provision, quantitative model.

Вступ.

Новітні технології, стрімкий прогрес, впровадження експериментальних систем господарювання сприяє не тільки розвитку економіки але й несе потенційну небезпеку. Сьогодні ймовірність катастроф зростає швидше ніж протидія їм. Підтвердження цієї тези - результати дослідження вчених Інституту «Future of Humanity» при Оксфордському університеті та фонду «Global Challenges», які встановили, що дев'ять загроз із дванадцяти це результати життєдіяльності людини. На першому місці у цьому списку - пожежі та техногенні катастрофи.

За останні десять років в Україні сталося понад 600 тисяч пожеж, від яких загинуло 20 тисяч осіб, полум'ям знищено 10 тисяч одиниць автотехніки, матеріальні втрати склали майже 30 млрд. гривень. Кожний рік у державі незмінно відбувається 65-70 тисяч пожеж, гине до 3 тисяч осіб, знищується близько 30 тисяч будівель та споруд. Втрати від пожеж помітно перевищили загальний збиток держави від інших надзвичайних ситуацій, до того ж вони безповоротні та вимагають великих витрат на відновлення. Кількість загиблих на душу населення в сім разів перевищує показники Сполучених Штатів Америки та у декілька разів - провідних країн Європи.

Постановою Кабінету міністрів України від 25 березня 2016 року № 419-р затверджено план заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки, у якому передбачено прийняття, відповідно до міжнародних, національних стандартів у сфері управління ризиками та галузевих нормативних документів щодо застосування ризик-орієнтованих підходів під час впровадження безпеки у галузі виробництва, розробка положень з питань організації управління ризиками, методик проведення оцінок ризиків, карт ризиків за окремими видами надзвичайних ситуацій, рекомендацій щодо застосування методів, стандартів і програм визначення ризиків тощо.

При написанні статті використані здобутки вітчизняних та іноземних вчених: В.Б. Авер'янова, О.Ф. Андрійко, А.П.Альгіна, І.В. Арістової, В.Г. Афанас'єва, О.М. Бандурки, Є.В.Булінської, М.М. Брушлинського, П. Вагнера, П.Б. Волянського, М.С. Клапківа, В.П. Петкова, С.В. Соколова, Д. Холла, Н.В.Хохлова, Т.В.Цвігуна, Л.К. Шашурнікова, О.О. Яковенка, Х.П. Ярмакі та інших.

Постановка завдання.

Метою статті є постановка питань щодо впровадження в Україні системи забезпечення пожежної та техногенної безпеки суб'єктів господарювання на основі оцінки їх рівня ризику.

Основний матеріал.

Аналіз нормативно-правових актів, якими регламентуються вимоги до ризиків показав, що одним з головних принципів цивільного захисту є створення системи раціональної превентивної безпеки з метою максимально можливого, економічно обгрунтованого зменшення ймовірності виникнення надзвичайної ситуації та мінімізації її наслідків.

Термінологічно визначено такі поняття як ризик, прийнятний ризик та управління ризиком. Отже, під терміном ризик слід розуміти ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин на території об'єкта або за його межами. Варто зазначити, що таке визначення терміна ризик не враховує об'єм заподіяної шкоди, як наслідок настання негативної події. У загальному вигляді поняття ризику можна пояснити, як поєднання вірогідності настання негативної події та величини втрат. Розглядаючи комбінації цих складових та адекватність ситуації, що склалася, можна не тільки оцінити рівень небезпеки, а й прийняти рішення на подальші дії, таким чином свідомо управляти ризиками.

На виконання програми економічних реформ наша країна поступово переходить на новий вид технічного регулювання, в основі якого лежить міжнародна система управління ризиками. На Заході вона має назву функціонально-орієнтованого проектування.

Наприклад, у Німеччині в сфері пожежної та техногенної безпеки прийнята система детальних вимог до потенційно небезпечного обладнання, які повинні виконуватися на стадіях проектування, будівництва та експлуатації, відповідний аналіз надається органу регулювання у вигляді звіту з безпеки.

Методика, що застосовується при оцінці пожежного ризику в США, передбачає здійснення аналізу нестійкості та невизначеності, сутність якої зводиться до роботи з чітко визначеними числовими значеннями. За основу беруться кількісні і напівкількісні моделі, на підставі яких експерти складають прогнози за обсягом потенційної шкоди, ймовірності виникнення пожежі, ступеня небезпеки приміщень, а також дають рекомендації щодо зниження ризиків.

У Великобританії основою для регулювання рівня безпеки діє Закон про охорону здоров'я та забезпечення безпеки на виробництві, який вимагає від роботодавців гарантій та доказів того, що ризик для персоналу та населення знаходиться на такому низькому рівні, наскільки це практично досяжне.

У Франції регуляторні органи не прийняли жодного нормативного документу, вважаючи, що їх положення вимагають певної гнучкості підходу залежно від особливостей кожного розглянутого випадку, при цьому встановлені норми носять рекомендаційний характер.

В Україні відповідно до постанови КМУ від 29.02.2012 №306 «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки» державний нагляд у сфері техногенної та пожежної безпеки здійснюється шляхом перевірок залежно до ступеня ризику від провадження господарської діяльності. Значеною постановою визначено три ступеня ризику: високий, середній та незначний, залежно від яких встановлена періодичність перевірок (щорічно, раз у

три та п'ять років).

Наведені у постанові критерії не передбачають віднесення суб'єктів господарювання з урахуванням значення прийнятого ризику від впровадження господарської діяльності до одного з трьох ступенів ризику за кількісними значеннями пожежного ризику об'єктів отриманих шляхом розрахунку.

У наслідок недосконалого правового поля, на сьогоднішній день не існує вітчизняної методики кількісного оцінювання показників рівня пожежного ризику у т.ч. механізму здійснення його розрахунку. Все це ускладнює запровадження у державі удосконаленої системи забезпечення пожежної та техногенної безпеки на основі рівня ризику. Немаючи законодавчо закріплених базових величин для визначення кількісних значень пожежних ризиків, ці значення сьогодні встановлюються декларативно з використанням методик інших країн або за рахунок нелегітимних напрацювань наших вчених.

Зазвичай, в країнах Європейського Союзу у якості базових величин для визначення кількісних значень ризиків приймаються значення, які рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров'я: незначний ризик (до 10^{-6}), прийнятий ризик (від 10^{-6} до $5 \cdot 10^{-5}$), високий ризик (від $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-4}$), неприйнятий ризик (більше $5 \cdot 10^{-4}$).

Фактори, які впливають на величину пожежних ризиків, можна умовно розділити на три основні групи: природні, техногенні та соціальні. Зазначені ризики повністю або частково підпадають під систему свідомого управління.

Так, якщо взяти природні явища то незважаючи на те, що керування погодою ще не зовсім входить до нашої компетенції, наслідки природних катаклізмів цілком можливо пом'якшити, прийнявши для цього необхідні заходи (блискавкозахист, просіки у лісі тощо).

Стосовно техногенних факторів – сьогодні технічний прогрес з одного боку стимулює кількісне збільшення пожеж, з іншого змушує створювати нові засоби захисту та вимагає впроваджувати сучасні автоматизовані системи гасіння, удосконалювати протипожежні заходи, розробляти та впроваджувати пристрої, призначені для запобігання пожеж.

Ще одним компонентом зниження ризиків техногенного характеру є введення більш суворих протипожежних норм та технологічних регламентів.

Велика частина пожеж має соціальний характер і відбувається з вини людини: підпали, необережне поводження з вогнем, недбалість при виконанні монтажних робіт, невчасний виклик аварійних служб - все це лише частина причин їх виникнення та тяжких наслідків. Управління цією групою ризиків потребує впровадження цілої низки комплексних заходів, спрямованих на підвищення рівня пожежно-профілактичної роботи (створення відповідних підрозділів, нормативно-правових відносин, навчання населення тощо).

Також можна розглядати ризики у залежності від їх походження: за причинами – порушення правил експлуатації електрообладнання, влучення блискавки, підпали тощо; за особливостями об'єкту – характеристика будівлі, призначення, горюче навантаження, наявність людей тощо. Цей список можливо доповнити безліччю факторів, що сприяють виникненню пожежам та аваріям.

Така детальна багатоступенева класифікація необхідна у першу чергу для запровадження системи забезпечення пожежної та техногенної безпеки суб'єктів господарювання на основі оцінки рівня ризиків, а також вона є інтересом з боку багатьох структур та суб'єктів господарювання, у тому числі підприємств, які займаються виробництвом і установкою протипожежного обладнання, організацій, пов'язаних з оформленням страховок, проектних та будівельних організацій, розробників спеціальних технічних умов та інших.

Розрахунки пожежного та техногенного ризиків необхідно проводити індивідуально для кожної системи, поряд з цим вони не повинні бути постійною величиною.

При певних умовах ризиками треба управляти, тим самим забезпечувати нормативний рівень протипожежної та техногенної безпеки, що дозволить їх штучно знизити.

Визначення рівня ризику повинно здійснюватись компетентними організаціями (державними або приватними з відповідною ліцензією) після комплексного вивчення технологічних процесів виробництва, визначення пожежної небезпеки речовин та матеріалів, дослідження проектної документації, а також проведення детального пожежно-технічного обстеження об'єкту, перевірки стану обладнання та рівня підготовки персоналу.

На підставі отриманих відомостей проводиться кількісний розрахунок пожежного ризику, дається оцінка загального протипожежного стану об'єкта та розробляється комплекс заходів зі скорочення ризиків: природного (захисту від блискавки, прямих сонячних променів тощо); техногенного (захист від короткого замикання, розгерметизації, ударів, перегріву тощо); соціального (запобігання підпалам, порушенням правил пожежної безпеки, навчання населення правилам пожежної безпеки тощо).

Даний комплекс повинен складатися з двох напрямків: профілактичного (навчання, накази, інструкції) та технічного (водопостачання, сигналізація, пожежогасіння). Ключовим інструментом у розробці стратегії зниження ризику є робота з деревом подій. Побудова смуг небезпечних факторів, а також прогнозування розвитку ймовірної пожежі дає можливість вирішити завдання з мінімумом витрат.

При перевищенні показників пожежного ризику перед керівниками установ (підприємств, організацій) постає питання щодо розробки додаткових заходів пожежної безпеки. При цьому скоротити його рівень (небезпеки) можливо за рахунок вжиття запобіжних заходів та запровадження додаткових систем безпеки.

Так, зменшити показник пожежного ризику можливо шляхом внесення змін до проектів, створення додаткових шляхів евакуації, збільшення отворів, сходових майданчиків та аварійних виходів, впровадження систем димовидалення, оповіщення про пожежу та сигналізації, обмеження чисельності людей на об'єкті тощо. Слід звернути увагу на той факт, що виконання навіть одного із перерахованих вище заходів може серйозно вплинути на показник пожежного ризику.

Висновки

Одним із головних принципів переходу до новітньої системи управління ризиками у сфері пожежної та техногенної безпеки повинно стати створення, на основі математичної моделі ризиків, державної системи раціональної безпеки з економічно обґрунтованим зниженням ймовірності виникнення пожеж та аварій, а також із запровадженням запобіжних заходів з мінімізацією наслідків від надзвичайних подій.

Для цього необхідно вжити ряд державних нормативно-правових заходів щодо забезпечення умов, при яких зазначена система функціонувала би на всіх без винятку підприємствах, установах та організаціях незалежно від форми власності, міністерствах, відомствах та державних агенціях, органах місцевої влади та самоврядування, з державним або приватним органом регулювання, спроможним на відповідному професійному рівні та легітимно надавати оцінку рівня пожежного (техногенного) ризику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс Цивільного захисту України.
2. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності».
3. Закон України «Про особливості здійснення державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності щодо фізичних осіб-підприємців та юридичних осіб, які застосовують спрощену систему оподаткування, обліку та звітності».
4. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.02.2012 року № 306 «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та

визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду у сфері техногенної та пожежної безпеки».

6. Постанова Кабінету Міністрів України від 13.08.2014 № 408 «Питання запровадження обмежень на проведення перевірок державними інспекціями та іншими контролюючими органами».

7. Постанова Кабінету міністрів України від 25 березня 2016 року № 419-р «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015—2020 роки».

8. Авер'янов В.Б., Цветков В.В та ін. Державне управління: теорія і практика/К.: Юрінком Інтер, 1998 – 432 с.

9. Бакуменко В.Д. Теоретичні та організаційні засади державного управління: Навч. посіб. /В.Д.Бакуменко, П.І.Надолішній. – К.: Міленіум, 2003. – 256 с.

10. Бегун В.В. Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. /В.В.Бігун, І.М. Науменко. – К.: Фенікс, 2004. – 328 с.

УДК 351.759.6+621.0

П.Б. Волянський
д.держ.упр., доцент

О.П. Євсюков
к.психол.н, доцент

Терент'єва А.В.
д.держ.упр., професор., с.н.с.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВИКЛАДАННЯ НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У СФЕРІ ТЕХНОГЕННОЇ ТА ПРИРОДНОЇ БЕЗПЕКИ»

Стаття присвячена методологічним засадам викладання навчального курсу «управління ризиками у сфері техногенної та природної безпеки», призначеного для набуття професійних умінь і навичок, які необхідні фахівцям у сфері управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру з числа керівного складу і працівників центральних та місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій для здійснення управлінської діяльності.

Ключові слова: навчання, надзвичайна ситуація, ризик, управління.

METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF TRAINING COURSE "RISK MANAGEMENT IN ANTHROPOGENIC AND NATURAL SECURITY"

This article is devoted to methodological principles of teaching the course "Risk Management in anthropogenic and natural security", designed for the acquisition of professional skills that are needed professionals in the field of risk management of emergency situations of technogenic and natural character of the number of managerial staff and employees of central and local executive authorities, enterprises, institutions and organizations for the implementation of management.

Key words: education, emergency, risk management.

Постановка проблеми. Аналіз функціонування державної системи забезпечення техногенної та природної безпеки в Україні свідчить, що сучасні принципи захисту населення і територій впроваджуються надзвичайно повільними темпами.

Однією з головних причин низького рівня безпеки населення, територій, соціальних, техногенних і природних об'єктів в Україні є слабкість державної політики, спрямованої на посилення превентивної діяльності у сфері забезпечення техногенної та природної безпеки.

Аналіз практичної діяльності органів управління і сил цивільного захисту показав, що мають місце суттєві недоліки в організації оперативного реагування на надзвичайні ситуації, прийнятті своєчасних і адекватних оперативній обстановці рішень, а також у проведенні аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, що, у більшості випадків, свідчить про відсутність як достатнього практичного досвіду, так і необхідних знань у керівників всіх ланок управління системи цивільного захисту.

Запровадження європейських стандартів безпечної життєдіяльності як одна з вимог євроатлантичної інтеграції України можливе за умов кардинальних концептуальних і методологічних інновацій та інституційних перетворень.

Відповідно до Стратегії національної безпеки України, затвердженої Указом Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015 однією із актуальних загроз національній безпеці України визначено незадовільний стан єдиної державної системи та сил цивільного захисту, системи моніторингу довкілля.

Крім того, в Стратегії визначено одним із основних напрямів державної політики національної безпеки України – створення ефективного сектору безпеки і оборони, у тому числі, за рахунок його професіоналізації, підвищення фахового рівня персоналу, ефективної його мотивації до належного виконання завдань за призначенням, максимально доцільного скорочення обслуговуючих підрозділів органів цього сектору.

Відповідно до рішення РНБО України від 18 лютого 2015 року «Про додаткові заходи щодо зміцнення національної безпеки України», введеного в дію Указом Президента України від 12 березня 2015 року № 139/2015 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 18 лютого 2015 року "Про додаткові заходи щодо зміцнення національної безпеки України» ДСНС України доручено невідкладно посилити підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту, забезпечити проведення для органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ та організацій навчання керівного складу і фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією і здійсненням заходів із питань цивільного захисту.

Мета досліджень.

Розглянути методологічні засади викладання навчального курсу «Управління ризиками у сфері техногенної та природної безпеки».

Аналіз останніх досліджень.

Українські та зарубіжні науковці розробили теоретико-методологічні основи якісної та кількісної оцінки природно-техногенних ризиків, методи їх мінімізації. Над проблемами управління ризиками надзвичайних ситуацій природно-антропогенного походження працювали В.А. Акімов [1, 2], Н. Асамбаєв [3], Б.М. Данилишин, В. Ковтун, А.В. Степаненко [4, 5], А.Б. Качинський [6], Ю. П. Холмогоров [7]. Б.М. Порфирієв [8, 9].

Проблемі впровадження ризик-орієнтованого підходу в управління техногенно-екологічною безпекою присвячено наукові праці Морозова А.О., Бегуна В.В. та Гречанінова В.Ф. [10-12].

Питанням викладання теорії управління ризиками та елементів кризового менеджменту присвятили свої роботи фахівці в сфері економіки та фінансів.

Нажаль, питанню методологічних засад викладання теорії управління ризиками НС не було приділено належної уваги.

Виклад основного матеріалу.

Відповідно до Стратегії національної безпеки України одним із основних напрямів державної політики національної безпеки України є забезпечення безпеки критичної інфраструктури, складовими яких є профілактика техногенних аварій та оперативне і адекватне реагування на них, локалізація і мінімізація їх наслідків та розвиток міжнародного співробітництва у цій сфері.

Необхідність впровадження концептуальних засад управління ризиками НС техногенного і природного характеру викликана глобальними і національними чинниками, що негативно впливають на безпеку життєдіяльності українського суспільства.

Перехід на систему аналізу та управління ризиками НС техногенного і природного характеру є пріоритетним завданням державної політики України, основою забезпечення гарантованого рівня безпеки громадянина, суспільства, держави. Одним з основних напрямів державної політики з питань управління ризиками є вдосконалення системи освіти та забезпечення підготовки фахівців в галузі управління ризиками НС техногенного і природного характеру.

На виконання розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.03.2015 № 419-р “Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки” перед ДСНС України поставлено завдання розробити навчальний курс “Управління ризиками у сфері техногенної та природної безпеки” та забезпечити підготовку фахівців у сфері управління ризиками з числа керівного складу і працівників центральних органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій.

На виконання п. 12 Плану виконання ДСНС України заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки, затвердженого наказом ДСНС України від 02.07.2015 № 352, щодо забезпечення розроблення навчальних програм та забезпечення підготовки фахівців у сфері управління ризиками науково-педагогічними працівниками ІДУЦЗ було розроблено проект Навчальної програми підвищення кваліфікації фахівців у сфері управління ризиками у сфері техногенної та природної безпеки з числа керівного складу і працівників центральних та місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій. Даний проект було розіслано для розгляду та надання пропозицій до провідних навчальних і наукових закладів системи ДСНС України, отримані пропозиції та вимоги стандарту ISO 31000 «Менеджмент безпеки» були враховані при подальшому опрацюванні проекту Навчальної програми.

Проект Навчальної програми містить наступні модулі: базові положення з управління ризиком надзвичайних ситуацій; основи управління ризиками, системного аналізу та моделювання; менеджмент безпеки у НС і природно-техногенна безпека та основні напрями підвищення її рівня. Загальна кількість навчальних годин складає 108 годин, передбачено захист випускної кваліфікаційної роботи. Можливо навчання заочною та змішаною формою.

Метою організації навчального процесу за даною програмою є удосконалення системи знань, професійних умінь і навичок, які необхідні фахівцям у сфері управління ризиками НС техногенного та природного характеру з числа керівного складу і працівників центральних та місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій для здійснення управлінської діяльності, забезпечення високого рівня професійної компетентності, успішного виконання поточних і перспективних завдань і функцій, задоволення потреб щодо професійного розвитку.

У результаті вивчення даного курсу слухач повинен знати:

- теоретичні знання та методологію у сфері системного аналізу та моделювання процесів;
- особливості виникнення та розвитку НС природного і техногенного характеру;
- теоретичні засади математичного моделювання систем і процесів у навколишньому середовищі;
- методи ідентифікації, аналізу та оцінки ризиків, методи управління ризиками;
- шляхи забезпечення сталості функціонування техногенних систем у НС.

Під час навчання слухачем напрацьовуються вміння:

- прогнозувати виникнення та розвиток негативних впливів та оцінювати їх наслідки;
- моделювати небезпечні процеси у техносфері та забезпечувати безпеку створюваних систем;

- застосовувати результати математичного моделювання при проведенні наукових досліджень в галузі управління ризиками;
- приймати рішення щодо захисту персоналу та населення від можливих наслідків НС природного і техногенного характеру;
- застосовувати навички системного дослідження та удосконалення безпеки функціонування техногенних об'єктів;
- використовувати методи побудови моделей систем і процесів;
- будувати моделі та використовувати їх при підготовці та прийнятті відповідних управлінських рішень;
- володіти методами оцінки, аналізу та управління техногенними і природними ризиками;
- застосовувати на практиці вітчизняний та міжнародний досвід у сфері захисту населення і територій від НС техногенного та природного характеру;
- організувати забезпечення життєдіяльності населення у НС.

Висновки

Запровадження даного виду навчання дозволить готувати фахівців, які розуміють особливості виникнення та розвитку НС природного і техногенного характеру; володіють методами ідентифікації, аналізу та оцінки ризиків, безпосередньо методи управління ризиками НС для здійснення управлінської діяльності в сфері запобігання НС.

Наразі потребує вирішення проблема нормативного забезпечення проведення даного виду навчання, а саме потребує визначення категорії осіб, які мають пройти даний вид навчання, періодичність його проходження та механізм їх залучення, та унормування документу про проходження даного виду навчання (підвищення кваліфікації). Вирішення даної проблеми можливо шляхом розробки проекту постанови Кабінету Міністрів України з визначенням порядку проведення навчання за курсом “Управління ризиками у сфері техногенної та природної безпеки” з наведенням у додатку зразка посвідчення про даний вид навчання (проходження цільового підвищення кваліфікації).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акимов В. А. Методический аппарат исследования природного и техногенного риска / В. А. Акимов // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – №2. – С. 34–38.
2. Акимов В. А. Оценка и прогноз стратегических рисков России: теория и практика / В. А. Акимов : [Електронний ресурс] – режим доступу:// http://dpr.ru/pravo/pravo_7_4.htm
3. Асамбаев Н. Оценка, анализ, измерение и управление рисками / Н. Асамбаев // Управление риском. – 2002. – №1. – С. 9–18.
4. Данилишин Б. М. Наукові основи прогнозування природно-техногенної (екологічної) безпеки України / Б. М. Данилишин, В. В. Ковтун, А. В. Степаненко. – К.: Лекс Дім, 2004. – 552 с.
5. Данилишин Б. М. Природно-техногенні катастрофи: проблеми економічного аналізу та управління / Б. М. Данилишин. – К.: ЗАТ “НІЧЛАВА”, 2001. – 260 с.
6. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А. Б. Качинський. – К., 2001. – 311 с.
7. Холмогоров Ю. П. Риск и управление / Ю. П. Холмогоров: [Електронний ресурс] . – Режим доступу : http://zhurnal.lib.ru/h/ holmogorow_j_p/n3.shtml
8. Порфирьев Б. Н. Управление безопасностью в природно-техногенной сфере на основе концепции риска / Б. Н. Порфирьев // Управление риском. – 2002. – № 2. – С.36–42.

9. Порфирьев Б. Н. Управление безопасностью в природно-техногенной сфере на основе концепции риска: региональный уровень // Управление риском. – 2002. – № 4. – С. 3–8.
10. Морозов А.О. Наукові основи впровадження ризик-орієнтованого підходу в управлінні техногенно-екологічною безпекою // Вісник НАН України. - 2015.- № 8.- С. 24-32.
11. Гречанінов В.Ф., Бегун В.В., Клименко В.П., Яцук О.П. Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз критичних інфраструктур // Науковий вісник Укр.НДШБ. - 2015.- № 1.- С. 125-134.
12. Бегун В.В., Гречанінов В.Ф. Переваги й відмінності ризик-орієнтованого підходу в управлінні безпекою // Пожежна і техногенна безпека. - 2014. - № 4. - С. 42—53.

Тищенко В.О.

канд. держ. упр., доцент,
доцент кафедри профілактики пожеж та безпеки життєдіяльності населення,
Інститут державного управління в сфері цивільного захисту

Tischenko Vasyl

candidate of sciences from state administration, associate professor of department of prophylaxis of fires and safety of vital functions of population of Institute of state administration in the field of civil defence.

АНАЛІЗ РИЗИКУ – НАЙВАЖЛИВІША СКЛАДОВА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ

Анотація: у статті проаналізовано аспекти проблематики декларування безпеки та страхування ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Визначено що таке ризик, а також одиницю виміру ризику. Запропоновано заходи для проведення аналізу ризику.

Ключові слова: ризик, цивільний захист, надзвичайна ситуація, об'єкти підвищеної небезпеки, декларація безпеки, ідентифікація, аварія, аналіз ризику.

RISK ANALYSIS AS THE MOST IMPORTANT COMPONENT OF SAFETY ADMINISTRATION

Abstract: The aspects of safety declaring and risk insurance of man made and natural emergency occurrence are analysed in the article. The concept „risk” is specified as well as its unit of measure. Risk analysis arrangements are proposed.

Key words: risk, civil protection, emergency, heightened danger objects, safety declaring, identification, accident, risk analysis.

Постановка проблеми. Забезпечення техногенної та природної безпеки розглядається як основна складова цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, як одна з найважливіших функцій органів державної влади та суб'єктів господарювання. Сучасні тенденції зростання ризиків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру обумовлюють необхідність розвитку єдиної державної системи цивільного захисту населення і територій на засадах стабільного розвитку суспільства і сучасних принципах управління техногенною та природною безпекою. Одним із пріоритетних напрямів забезпечення безпечної життєдіяльності українського суспільства є посилення рівня превентивності державної політики у сфері цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій. Сучасні науково-методологічні підходи та досвід розвинених країн свідчать, що ефективна модель такого захисту має спиратися на управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Запровадження кількісних методів оцінки техногенних і природних ризиків є одним із стратегічних напрямів досягнення у державі прийняттого рівня безпеки для населення, навколишнього природного середовища та об'єктів економіки. [1].

В Україні згідно ст. 3 Закону [2] державний нагляд та контроль у сфері діяльності, що пов'язаний з об'єктами підвищеної небезпеки здійснюють уповноважені законами органи влади, в тому числі уповноважені центральні органи виконавчої влади та їх відповідні територіальні органи, які займаються питаннями:

- захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру;

- охорони праці;
- забезпечення екологічної безпеки та охорони навколишнього середовища[3].

Відповідно до ст. 10 Закону України [2], суб'єкт господарської діяльності готує і подає до місцевих органів виконавчої влади декларацію - документ, який визначає комплекс заходів, що вживаються суб'єктом господарської діяльності з метою запобігання аваріям, а також забезпечення готовності до локалізації, ліквідації аварій та їх наслідків.

Закон [2] передбачає, що декларація повинна бути розроблена протягом півроку після проведення ідентифікації ризику потенційно – небезпечного об'єкту (далі - ПНО). Але ознайомившись з державним реєстром об'єктів підвищеної небезпеки (далі – ОПН), що знаходиться на веб-сайті Держпраці [2], можна зробити висновок, що не всі ОПН виконали роботу по розробці декларацій безпеки.

Декларування безпеки та страхування ризику – основні принципи регулювання безпеки і запобігання аваріям в розвинутих країнах. Підвищення безпеки за визначенням [4-6], відбувається при зниженні ризику, тобто поняття безпеки конкретно та має точні числові значення. Ризик – змінна, що характеризує безпеку; чисельна і визначається як добуток імовірності небажаної (негативної) на збиток, що вона може принести. Виходячи з того, що імовірність величина безрозмірна, одиниця виміру ризику і потенційного збитку повинна бути однією і тією ж [6].

$$R = P \cdot U, \quad (1)$$

де змінна **P** – це імовірність аварії, а **U** – це розмір наслідків (збиток).

$P \in [0;1]$, тобто величина що не має розмірності, **U** вимірюють або грошима, або кількістю загинувших чи постраждалих (персонал та населення).

Якщо дивитися на формулу 1, суто з математичної точки зору, то ставлячи задачу зниження параметру **R**, маємо можливість зниження його величини за рахунок зменшення параметру **P**, або параметру **U**. Тобто запобігання аваріям в розумінні зниження ризику можливе за рахунок зменшення імовірності її виникнення, або за рахунок зменшення імовірних наслідків.

У ДСТУ [12] ризик також визначається як імовірність небажаної події, але вже з урахуванням наслідків.

Граничний ризик, ще прийнятний для суспільства, може бути відображений за допомогою лінії прийнятності на діаграмі “імовірність - наслідки”. Суть діаграми, вперше сформульована французьким дослідником Фармером в 70-х роках минулого сторіччя, проста: чим більше імовірність негативної події, тим менші повинні бути її наслідки. Маємо зворотно пропорційну залежність, що на площині [6] відображується гіперболою, рис.1. Такі криві можуть бути побудовані для будь-якого ризику небезпечного для людини чи навколишнього середовища чинника.

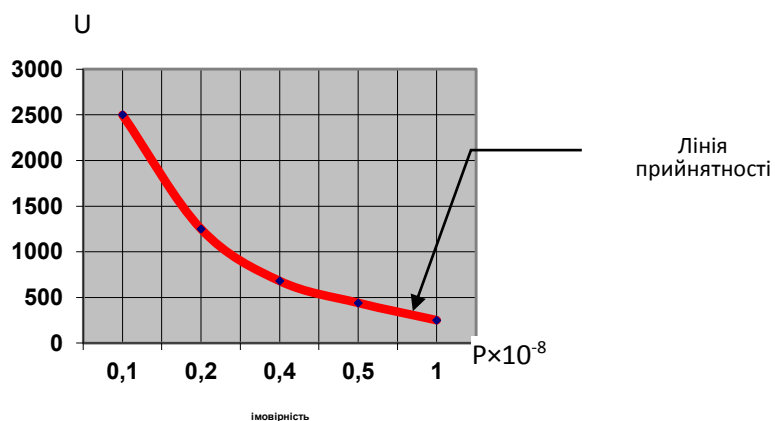


Рис.1. Прийнятний ризик

Встановлення припустимого ризику, розрахунок ризику що загрожує людині від діяльності об'єктів з врахуванням всіх імовірних сценаріїв аварій, стану захисного обладнання та підготовленості персоналу, відкритість та прозорість питань безпеки, відповідне страхування і становлять суть ринкового механізму регулювання безпеки.

Загальний підхід до безпеки заснований на такому принципі: чим більше імовірність небажаної події, тим менш значними повинні бути наслідки. Наведене вище визначення ризику як добутку імовірності виникнення можливого збитку на очікуваний об'єм збитку, відрізняється від приведеного в нормативній документації [6,14].

На кожному підприємстві ймовірна аварія з тим більшою імовірністю, чим менше приділяється уваги безпеці. Якщо підприємство розташовано на відстані фізичного впливу на населення, то можливі наслідки не тільки серед персоналу, але й населення, тобто, постраждали. У світовій практиці, якщо аварія малоімовірна, або іншими словами, може трапитися дуже рідко – відноситься до знехтуваного ризику, то не потрібно витратити кошти на створення спеціальних систем безпеки та споруд для захисту в разі її виникнення. Але якщо є висока імовірність, то згідно наведеного принципу потрібно зменшувати імовірні наслідки тим самим зменшуючи ризик до припустимих значень. Аналогічні паралелі можливо навести і для безпеки персоналу, ризику профзахворювань тощо. У кожному випадку, де йдеться про безпеку, повинно визначати ймовірність небажаної події та її наслідки, тобто, **ризик**. **Ризик** є єдиним параметром, яким можливо відобразити безпеку, це вимір безпеки.

Дійсно, якщо підприємець розрахував рівень ризику для персоналу і населення, підтвердив розрахунки відповідними експертними висновками, повідомив про це населення і персонал, вніс відповідні страхові суми на випадок аварії тим самим він і гарантує відповідний рівень безпеки. Образно, він платить за ризик. Розмір страхових внесків залежить від рівня ризику. Чим менший ризик тим менші внески, це цілком зрозуміло. Якщо є небезпека, то повинно бути і пропорційне її страхування. Таки процедури регулювання існують у розвинутих країнах, такими вони прописані і в основних законах України.

Звідси випливає доцільність зниження ризику, тобто підвищення рівня безпеки для підприємця, його прагнення вийти на прийнятні рівні ризику – меншими будуть страхові внески, значить більший прибуток. Вочевидь, що розрахунок повинен бути конкретним для підприємства, залежить від його обладнання, рівня підготовки персоналу, засобів безпеки, зовнішніх і внутрішніх загроз і обставин. Тобто, якщо державою встановлено прийняті рівні ризику, то зацікавлені у встановленні дійсних рівнів ризику стає все суспільство.

Прийнятий ризик – ризик, що не перевищує на території об'єкту підвищеної небезпеки та чи за його межами гранично припустимого рівня [6].

Населення бажає знати чого можна очікувати від розташованих поруч підприємств. Персонал, що вільний у виборі роботи буде знати ступінь ризику ще при працевлаштуванні, та розмір страхування на випадок гірших обставин. Підприємець зацікавлений як в кращих результатах розрахунків, так і в їх адекватності. Якщо результати кращі та об'єктивні - менші страхові внески та менші витрати на компенсації у випадку аварій, тобто більший прибуток. Якщо ж вони не об'єктивні, завищені, то не знаючи справжнього стану безпеки він може стати банкрутом в одну мить внаслідок великої аварії, або частих невеликих аварій, що неминуче відображують дійсний стан безпеки, тобто забезпечується дуже простий механізм саморегулювання.

В розвинутих країнах з метою здійснення розрахунків розроблено чимало теорій, методик, комп'ютерних програм [7-9]. Кращі наукові колективи, в тому числі з ВПК роками займалися цією справою. Розроблені алгоритми не тільки розрахунків ризику, а й управління ризиком.

Управління ризиком – процес прийняття рішень та здійснення заходів, спрямованих на забезпечення мінімально можливого ризику[6].

Не допускаються до вирішення питань безпеки спеціалісти що не мають відповідних знань управління ризиком, тобто всі фахівці з безпеки попередньо пройшли відповідну підготовку.

Чинна методика разом зі змінами передбачає, на основі світового досвіду застосування в розрахунках імовірнісних структурно – логічних моделей. Але на превеликий жаль до цього

часу це питання дискусійне навіть в наукових кругах. Що стосується практичних розробок, то розрахунки взагалі відсутні, часто підмінені середніми значеннями ризику.

В основному наявні декларації не містять розрахунок ризику, що створює саме це підприємство, як того вимагає методика [11]. Звісно, що всі декларації пройшли експертизу в експертних технічних центрах (ЕТЦ). Аналізуючи ситуацію ми дійшли висновку, що причиною явища є не тільки недосконала законодавча база, а також і обмаль знань. Робота з розрахунків потребує знань не тільки виробництва і властивостей шкідливих речовин, а і знань імовірнісного структурно – логічного моделювання та відповідного програмного забезпечення, чого розробники на цей час не мають. Тобто оскільки законодавством не визначено обмежень щодо компетенції розробників і експертів, цією роботою займаються всі, кому дозволяє статут. Але спеціальні знання імовірнісного моделювання не можна, як правило, набути самостійно.

Висновок: для проведення аналізу ризику необхідно:

розробити навчальні програми з проведення аналізу ризику;

розробники декларацій повинні пройти навчання з даного напрямку в спеціальних навчальних центрах Держпраці;

для використання необхідно впровадити ліцензійні спеціальні комп'ютерні програми;

привести розрахунки ймовірностей виникнення НС та відповідних ризиків, що здійснювали ЕТЦ Держпраці та інші не сертифіковані фізичні та юридичні особи у відповідність вимогам постанови Кабінету Міністрів України №956 та Методики визначення ризиків.

поновити процес декларування безпеки на новому якісному рівні та внести зміни у декларації які виконані з порушенням вимог ПКМ №956 та Методики визначення ризиків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепція управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру (проект). <http://www.mns.gov.ua/>

2. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» 18.01.2001 р, N 2245-III.

3. О.П.Михайлюк, В.В. Олійник, А.О. Михайлюк „Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки”.

4. <http://www.dnopr.gov.ua> Державний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки

5. ДСТУ 3891-99 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять.

6. В.В.Бегун, І.М.Науменко Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки), Київ, 2004.

7. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. Перевод с англ. Сыромятникова В. С., Москва, “Машиностроение”, 1984 г.

8. Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко И.Н. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Киев. 2000 г.

9. NUREG/CR - 6116. Systems Analysis Programs for Hands - on Integrated Reliability Evaluations (SAPHIRE). Version 5.0. 1994

10. Integrated Reliability and Risk Analysis System (IRRAS). Basic Training Course. NRC, Washington, 1995.

11. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки. Держнаглядохоронпраці. Київ. Основа. 2003 р. 191 с. Нормативне – виробничо – практичне видання.

12. ДСТУ 2293-99 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.

13. Норми радіаційної безпеки в Україні. НРБУ-97/Д- 2000

КОНЦЕПЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРОГРАММ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОФИЛАКТИКИ, АДАПТАЦИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Концепция индивидуальных программ экологической профилактики на основе 7 базовых направлений. Они составлены исходя из основных групп опасностей, которым подвергается человек. Главная цель: минимизация рисков заболеваний. Расширение адаптационных возможностей организма.

Ключевые слова: профилактика, адаптация, реабилитация, жизнедеятельность, функциональность, работоспособность, минимизация рисков

CONCEPT OF INDIVIDUAL PROGRAMS ENVIRONMENTAL PREVENTION, REHABILITATION AND ADAPTATION IN THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL RISKS.

The concept of individual environmental prevention programs based on 7 basic areas. They are made on the basis of the main groups of the dangers faced by the people. Main objective: to minimize the risk of diseases. Enhanced adaptive capabilities of the organism.

Keywords: prevention, adaptation, rehabilitation, livelihoods, functionality, performance, minimizing risks

Переход к устойчивому развитию – это «сверхзадача» человечества, решение которой создаст равные возможности для благополучной жизни ныне живущих и будущих поколений. В условиях нынешнего системного кризиса особую актуальность приобретают задачи сохранения жизни и здоровья людей.

Хронические болезни, ранняя смертность, психологические проблемы, снижение внимания и работоспособности, как у взрослых, так и детей стали приметой нашего времени. Зачастую, эти проблемы встречаются у людей самого разного материального достатка и профессий.

Проблема техногенного прессинга характерна для всего человечества. В Украине эта проблема близка к экологической катастрофе, поскольку имеется реальная опасность одновременного воздействия на организм человека комплекса неблагоприятных факторов. Это и социальные факторы, и ксенобиотики, и последствия Чернобыльской катастрофы, и электромагнитные излучения, боевые действия, и новые формы микробов и грибов.

Идеология общества потребления превращает Человека творца – в тупого потребителя, в нечто вроде трубы, сквозь которую все быстрее и быстрее пролетает поток большей частью ненужных товаров и услуг. Растущее нездоровье – это расплата за отказ от собственных сил, за не заботу об их становлении и развитии, за душевную лень. Весь человеческий прогресс, идеология общества потребления настроены на освобождение человека от усилий над самим собой.

В эпоху информационного бума человек изнашивается и умирает не от инфекций, а от болезней, в основе которых неправильный образ жизни, стрессы, глубокое чувство неудовлетворённости, психическая травматизация. Кроме привычных алкоголиков и

наркоманов, появились целые группы людей с т.н. зависимыми состояниями: с рекламно-сериальным мышлением, виртуальные компьютерные игроки, интернет-хроники, погруженные в социальные сети.

К сожалению, стратегия большинства компаний и государственных структур (Минздрав, Минэкологии, МВД, МЧС и т.д.) направлена на борьбу с последствиями. Хотя предотвратить всегда эффективнее, чем восстановить, ориентация на снижение клинических проявлений уже развившихся заболеваний, что экономически и энергетически связано с непомерно большими затратами и оказывается малоэффективным. «Помолодели» и прогрессируют целые группы заболеваний: новообразования, болезни органов дыхания, эндокринной системы, органов пищеварения, мочеполовой системы и кровообращения.

Увлечение химико-фармацевтическими препаратами не решает проблему здоровья нации, так как, зачастую приводит к лекарственным аллергиям или к появлению еще более устойчивых микроорганизмов. Только за последние 30 лет, количество предлагаемых населению фармпрепаратов увеличилось примерно в 30 раз, а число хронических заболеваний не уменьшилось, а увеличилось на 50%. **Каждый четвертый страдает аллергией или аутоиммунными состояниями.** Уровень смертности от болезней сердца и системы кровообращения в Украине занимает первое место и превышает уровень смертности в странах ЕС в 2-4 раза. Практически в каждой семье есть люди, больные диабетом. У 70% обследованных людей находят различных паразитов.

В десятки раз увеличилось производство, реклама и потребление алкогольных напитков и пива. Последствия – скачок алкоголизма, бытовой и производственный травматизм, рождение детей с физическими и психическими отклонениями.

За годы независимости в Украине официально зарегистрировано более 11 тысяч чрезвычайных ситуаций, в которых пострадало более 18 тысяч людей. В результате несчастных случаев в быту ежегодно гибнет более 70 тыс. человек, а около 2 млн. получают травмы различной степени тяжести. По этим показателям Украина “опережает” развитые страны в 5-6 раз. Более 3,5 млн. человек (или 24% работающих) трудятся в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам. Более 60% основных производственных фондов морально и физически устарели. В районах горнодобывающих комплексов фиксируются состояния, называемые экологическим СПИДом, когда под действием токсических веществ развивается синдром иммунодефицита. За последние 15 лет заболеваемость туберкулезом достигла эпидемического порога, увеличившись в 2,4 раза, а смертность от этого заболевания – в 2,7 раз.

В 21 век человечество шагнуло с **23 600** известными болезнями (по международной номенклатуре и классификации) и **300** узкими медицинскими профессиями.

Логичнее, конечно, повышать сопротивляемость организма к болезнетворным факторам, чем пытаться уничтожить отдельные микробы или вирусы.

Нам трудно ожидать резкого улучшения условий обитания или значительного увеличения инвестирования в здравоохранение в ближайшие годы. Жизнь настоятельно требует новых подходов к решению задач по массовому оздоровлению населения с помощью различных форм безмедикаментозного воздействия.

Безопасная жизнедеятельность населения зависит от снижения почти 150 различных видов опасностей. Но единой стратегии в стране не выработано. К проблемам подходят фрагментарно, зачастую, не выделяя приоритетных направлений.

Системный подход лежит в интеграции экономики, экологии, социологии на базе информационных технологий. Исходя из ноосферной концепции, можно руководствоваться положением, что абсолютная безопасность недостижима. Но могут быть найдены компромиссные решения в виде социально – и экологически приемлемых рисков.

Импульсы разума постоянно, каждую секунду придают телу новые формы для приспособления к меняющимся требованиям жизни.

С точки зрения квантовой физики, наше физическое тело под воздействием нашего разума способно совершить квантовый скачок из одного биологического возраста в другой, не проходя через все промежуточные возрасты.

Мы единственные создания на Земле, способные менять биологию посредством мыслей и чувств. Грегг Брейден доказывает, что молекула ДНК может исцелиться при помощи “чувств” человека. Главный вывод: **Человек и его ДНК, способны на квантовом уровне оказывать влияние на окружающий мир и на всю Вселенную.**

Кардинальный выход из тупика намечен в учении Владимира Ивановича Вернадского о биосфере и ее переходе в сферу разума – ноосферу: учение об объединяющем человечество пространстве. В нем сочетаются интересы стран и народов, природы, общества, научное знание и государственная политика. Система ноосферного образования должна сыграть далеко не последнюю роль в формировании мировоззрения молодежи

В тибетской медицине основными причинами всех болезней человека считались **невежество**, понимаемое как неосведомленность о методах сохранения здоровья, и **омраченность**, понимаемая как пренебрежение к состоянию своего здоровья и здоровью окружающих людей осведомленных и образованных. (В.И. Гарбузов). По христианской традиции – это нарушение заповедей.

Целью нашей Программы является внедрение эффективных методов сохранения и восстановления здоровья людей. Предлагаемая система не «лечит» болезни, а создаёт здоровье, рассматривая человека как единое целое, неразрывно связанное с окружающим миром и Вселенной. Исходя из основных потенциальных рисков, составлена программа адаптации.

Какой же представляется нам индивидуальная программа адаптации. Условно она разбита на **семь шагов**. Это биоэнергоинформационные настройки, подпрограмма детоксикации (аквабиотика), расширение адаптационных возможностей организма, антиоксидантная защита, восстановление иммунного статуса, полноценное сбалансированное питание, введение дружественной микрофлоры. Основная задача – снять чрезмерную нагрузку на организм.

Не мешать организму лечить себя. Дать ему импульс к исцелению: мыслью, словом, звуком, цветом, движением, излучением, корректировкой питания.

«Врач будущего не будет прописывать лекарств. Вместо этого он пробудит интерес пациента к своему организму, а также к причине и возможности предотвращения болезни» - Томас Эдисон.

Схематически опасности можно представить: информационная и кибернетическая опасность; токсические нагрузки из воздуха, воды, пищи; воздействие излучений и оксидантов; продукты питания, не соответствующие биологическим нормам; гиподинамия.

Согласно теории функциональных систем **важнейший** принцип функционирования живых и технических систем: передача информации между начальным и конечным звеном без потери информационного смысла (точная и адекватная информационная эквивалентность).

Программа 7 шагов к здоровью.

Первый шаг: биоинформационные настройки. Задача – настроить программу, восстановить информационный гомеостаз. Применяются приборы информационно-волновой терапии, биорезонансной терапии. Аффирмации. Визуальные матричные коды. Динамические медитации. Словесно-образно-эмоциональные установки.

Шаг два: детоксикация. Как ортодоксальная наука, так и альтернативная подчеркивают, что вода является важнейшим элементом жизни на Земле. Применение структурированной воды и растительно-минеральных комплексов для очищения организма. Баланс электролитов. Питьевой режим («легкая», структурированная вода). Структурированная вода может изготавливаться на запатентованной установке «Кавитационный тепловой генератор». Пробиотическая, безфосфатная очистка помещений.

Шаг три: расширение адаптационных возможностей за счет применения продуктов адаптогенов.

Шаг четыре: Введение в рацион питания водо-и жирорастворимых антиоксидантов.

Шаг пять: восстановление иммунного статуса (продукты иммунокорректоры.)

Шаг шесть: сбалансированное питание.

Шаг семь: введение в рацион дружественной микрофлоры.

Опираясь на современные открытия можно признать триединство природы человека (тела, души духа). Исследования ДНК показали, что в ней имеется информационная голограмма, которая определяет и направляет развитие клеток человека. Получается, что в каждом человеке есть эталон его деяний, мыслей, чувств. Мы должны понять, что наши мысли, эмоции, действия, находят отклик и в энергоинформационных сферах планеты Земля. Они способны создать программу катаклизмов или программу оздоровления (эволюции). Человеческий организм является самоорганизующейся энергоинформационной системой.

Три составляющие здоровья: духовное, психическое, физическое. 9/10 счастья – здоровье, 9/10 здоровья зависят от человека. Человек – кузнец своего счастья и блага для всей Земли. Человеческий организм является самоорганизующейся энергоинформационной системой.

Клод Бернар подчеркивал: «Возбудитель – ничто, среда – все!». А учение о неспецифически повышенной сопротивляемости организма (адаптации) – заслуга нашей отечественной научной школы, великого фармаколога Николая Васильевича Лазарева и валеолога с мировым признанием Израиля Ицковича Брехмана.

Экологически обусловленная интоксикация – это особый вид хронического отравления, которым страдает в Украине большинство населения. Для населения Украины особенно актуально применение продуктов, повышающих неспецифическую сопротивляемость организма любым болезнетворным воздействиям.

Мы считаем, что здоровье каждого, это, прежде всего ЕГО богатство, соответственно, и забота о здоровье и долголетию должно быть, прежде всего, делом личным. Один из лозунгов программы: «Инвестируйте в профилактику своего здоровья, хотя бы, 10% своего бюджета!» В программе объединены продукты, которые могут успешно, в широком диапазоне корректировать наше питание и быть по карману всем желающим. Немаловажное их достоинство – возможность использования, как индивидуальных профилактических средств, так и в качестве добавок в продукты массового потребления.

С открытием генома человека должно измениться и представление о стратегии лечения. Стратегия лечения может быть либо: одна болезнь – много лекарств – это количественный принцип, или, что предпочтительнее, много болезней – одна технология это качественный принцип.

Адаптация – это приспособление живых организмов, в том числе человека, к изменяющимся условиям внешней среды. Не менее важны и элементы функционального питания. Расчёты показывают: даже самый идеальный рацион, вполне достаточный по энергии, белкам, жирам, углеводам, дефицитен по витаминам и минеральным веществам не менее чем на 20%. В реальной жизни этот дефицит нередко достигает 40-50%.

Многовековым опытом народной медицины и современными исследованиями доказана эффективность применения адаптогенов для повышения резервов адаптации организма человека в условиях экологической напряжённости. Среди наиболее известных адаптогенов: женьшень, лимонник, элеутерококк, родиола розовая, левзея, кошачий коготь, эхинацея, спирулина, пчелиное маточное молочко, препараты из пантов алтайских маралов.

Согласно китайской фитотерапии, травы делятся на три категории: низшая – лекарственные растения, изгоняющие болезни, средняя – лекарственные растения, корректирующие нарушение баланса энергии в организме, и высшая, к которой относится и женьшень, - растения, питающие саму жизнь.

Как ортодоксальная наука, так и альтернативная подчеркивают, что вода является важнейшим элементом жизни на Земле. При этом духовные учения отмечают прямую связь информационных свойств воды с Космосом. Именно через водную составляющую Космос воздействует на все живое. Американский ученый Роджер Мастерс вывел зависимость между загрязнением воды и преступностью. В районах с повышенным содержанием свинца и марганца в воде наблюдается повышение случаев ограблений и убийств. А по данным «Гринпис» многие продукты известных компаний имеют экологически и генетически загрязненные компоненты.

Лауреат Нобелевской премии Сцент-Дьердьи назвал воду **матрицей жизни**, обеспечивающей основу жизненных процессов – миграцию по водородным связям протонов и электронов. Если вода грязная (биохимически и информационно), то функция генов извращается, возникают мутации и генномодуляции (наследственные изменения функции генов).

Исследования знаменитого японского ученого и целителя Масару Эмото показывают, что вода способна впитывать, хранить и передавать человеческие мысли и эмоции. Вода – это связующее звено между духом и материей. Он убежден, что, культивируя важнейшие позитивные «вибрации» любви и признательности, мы можем исцелить самих себя и нашу планету. Движение, изменение, течение – это и есть жизнь.

Если принять во внимание, что ежегодно более 98% атомов, составляющих человеческое тело, заменяются новыми, выстилка нашего желудка заменяется каждые 5 дней, кожа – за месяц, печень – за 6 недель, скелет – за 5-6 месяцев, то процесс осознания и обновления человек способен начать в любом возрасте. Главное – «настроить» свою программу.

«Заполните свой разум концепциями гармонии, здоровья, мира и добра, и в вашей жизни начнут происходить чудеса! Секрет молодости – это любовь, радость, внутренний покой и смех. Человек таков, как он мыслит. Вы – дитя Бесконечной Жизни. Вы – дитя Вечности. Вы чудесны!» - говорил Джозеф Мерфи, доктор философии, богословия и права.

Опыт применения Программы на нескольких предприятиях, курортных комплексах, в спорте высоких достижений, у более чем 10 тыс. пациентов показал позитивные эффекты в 92% случаев, причём ухудшение состояния не отмечено. Эффекты достаточно стабильны во времени (работы ведутся более 17 лет). Один из лозунгов Программы: «Инвестируйте в собственное здоровье 10% дохода».

Например, в ОАО Днепрошина заболеваемость в группе из 214 человек сократилась на 30%, а количество дней нетрудоспособности – на 64% по сравнению с общезаводской.

Мы видим задачи специалистов БЖД и экологов: Повышение индекса здоровья населения; Формирование экологического мировоззрения; Расширение осведомленности населения о методах поддержания и восстановления здоровья; Экологизация производств.

Эффективность комплексного применения информационно-волновой терапии, светодиодной фототерапии, безрецептурных базисных средств и корректоров питания экономически и социально оправдано, так как **их можно отнести к средствам сохранения генофонда и выживания Человека в напряженных экологических условиях.**

О.А. Подскальна
учений секретар
Інститут державного управління у сфері цивільного захисту

ПРИЄДНАННЯ УКРАЇНИ ДО МЕХАНІЗМУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ - ОДИН ІЗ ШЛЯХІВ ПОДАЛЬШОГО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Анотація. *В статті аналізуються питання функціонування Механізму цивільного захисту Європейського Союзу, його позитивні моменти та переваги, наближення системи цивільного захисту в Україні до європейських стандартів.*

Ці питання розглядаються з урахуванням підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, підготовки до асоційованого партнерства з Механізмом цивільного захисту, подальшого вирішення проблем запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та захисту об'єктів критичної інфраструктури.

Ключові слова: *Європейський Союз, Механізм цивільного захисту, надзвичайна ситуація, критична інфраструктура, інтеграція в Європейський Союз, управління.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Забезпечення надійного захисту населення і території від наслідків надзвичайних ситуацій є важливим напрямком діяльності кожної держави, реалізації державної політики у відповідних сферах.

Україна продовжує впевнено рухатися в напрямку інтеграції з Європейським Союзом, що підтверджується підписанням у 2014 році політичної та економічної частин Угоди про асоціацію з ЄС.

Стратегічний курс України на інтеграцію до Європейського Союзу в рамках Угоди про асоціацію та поглиблення особливого партнерства з НАТО з урахуванням нових викликів та загроз, що постають перед Україною, зумовлюють необхідність вдосконалення і подальшого розвитку національної системи реагування на надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру.

Стратегія національної безпеки України, затверджена Указом Президента України від 26 травня 2015 року № 287, спрямована на реалізацію до 2020 року визначених нею пріоритетів державної політики національної безпеки, а також реформ, передбачених Угодою про асоціацію між Україною та ЄС, ратифікованою Законом України від 16 вересня 2014 року № 1678-VII, і Стратегією сталого розвитку "Україна - 2020", схваленою Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5.

В Стратегії національної безпеки України вперше зазначено, що розвиток Державної служби України з надзвичайних ситуацій має забезпечити підвищення її спроможності щодо ефективного управління єдиною державною системою цивільного захисту, оснащення сил цивільного захисту сучасними видами техніки, засобами та спорядженням, оптимізацію розміщення її підрозділів, упровадження системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером, підготовки та просвіти населення щодо норм і правил поведінки в умовах надзвичайних ситуацій.

Приєднання України до Механізму цивільного захисту Європейського Союзу є одним із шляхів подальшого вирішення проблем запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та захисту об'єктів критичної інфраструктури.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Можливості впровадження в Україні позитивного досвіду країн - членів Європейського Союзу у сфері державного управління цивільним захистом, зокрема співпраці в рамках Механізму цивільного захисту на даний час є недостатньо дослідженими.

Питання організації управління у надзвичайних ситуаціях в країнах - членах Європейського Союзу досліджувались в наукових працях та статтях

А.П.Бойка, П.Б.Волянського, Л.А.Жукової, В.С. Кропивницького, М.М.Козяра, А.В.Терент'євої, О.О.Труша [8; 9].

Основним матеріалом при дослідженні питань функціонування Механізму цивільного захисту є відповідні акти національного законодавства з питань євроінтеграції [1; 2], рішення Європейського парламенту та Ради [3; 4], директиви Європейського Союзу у сфері цивільного захисту [5; 6; 7].

Велике значення має участь України у Програмі Європейського Союзу з попередження, готовності та реагування на катастрофи природного та техногенного характеру для країн Східного партнерства (PPRD East) [10].

Наукова новизна матеріалів статті полягає в тому, що аналізується сучасний стан співпраці в рамках Механізму цивільного захисту Європейського Союзу, шляхи приєднання до нього України.

Це підтверджує актуальність та практичну цінність даної статті.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою статті є проведення аналізу функціонування Механізму цивільного захисту Європейського Союзу, оцінки його позитивних моментів та переваг, підготовки України до асоційованого партнерства з Механізмом цивільного захисту, використання його можливостей для подальшого вирішення проблем запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та захисту об'єктів критичної інфраструктури.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Механізм цивільного захисту Європейського Союзу - найбільша в світі система надання міжнародної координованої оперативної допомоги при надзвичайних ситуаціях. Система включає різноманітні ресурси і форми допомоги від 28 країн - членів та 4 країн - кандидатів в ЄС (всього 32 країни).

Обговорення в Європейському Союзі необхідності створення такої Системи розпочалося у 2000 році, після серії масштабних лісових пожеж та повеней у Європі в 1998 - 1999 роках.

Рішення про заснування Механізму цивільного захисту Рада Європейського Союзу прийняла 23 жовтня 2001 року в м. Люксембурзі 23 жовтня 2001 року. З урахуванням набутого досвіду 17 грудня 2013 року Європейський парламент та Рада прийняли в м. Брюсселі Рішення № 1313/2013/EU "Про Механізм цивільного захисту Союзу".

До Механізму цивільного захисту Європейського Союзу, що є ключовим інструментом системи цивільного захисту Європейського Союзу, входять 32 держави (28 держав - членів ЄС: Австрія, Естонія, Італія, Португалія, Бельгія, Франція, Латвія, Румунія, Болгарія, Фінляндія, Литва, Словаччина, Хорватія, Німеччина, Люксембург, Словенія, Кіпр, Греція, Мальта, Іспанія, Чехія, Угорщина, Нідерланди, Швеція, Данія, Ірландія, Польща, Велика Британія, а також Македонія, Ісландія, Ліхтенштейн та Норвегія), які співпрацюють у сфері цивільного захисту з метою покращення захисту населення, його майна, навколишнього середовища, культурної спадщини у разі масштабних природних та техногенних катастроф, що можуть виникнути як в середині так і за межами ЄС.

Основна роль Механізму цивільного захисту полягає у сприянні співпраці у заходах з надання допомоги щодо захисту цивільного населення у разі великих надзвичайних ситуацій, які можуть вимагати прийняття термінових заходів реагування. Це відноситься і до ситуації, де може бути безпосередня загроза таких великих надзвичайних ситуацій.

Механізм складається із ряду елементів і дій, що включають:

визначення груп швидкого реагування та іншої інтервенційної підтримки, наявних у державах - членах з метою допоміжної інтервенції у випадках виникнення надзвичайних ситуацій;

підготовку та впровадження навчальної програми для груп швидкого реагування та іншої інтервенційної підтримки і для експертів із груп з оцінки і / або координування;

конференції, семінари і експериментальні проекти з головних аспектів інтервенцій;

встановлення і, за потребою, розподілення груп з оцінки і/або координування;
встановлення і управління центром моніторингу і інформації;
встановлення і управління загальною аварійною системою зв'язку та інформації;
інші допоміжні дії, такі як заходи зі сприяння транспортуванню ресурсів для допоміжних інтервенцій.

Основною складовою, операційним ядром Механізму цивільного захисту є Координаційний центр реагування на надзвичайні ситуації, що діє під егідою Європейської комісії в м. Брюсселі, працює цілодобово без вихідних та надає країнам доступ до платформи цивільного захисту Європейського Співтовариства.

Механізм цивільного захисту спрощує та підтримує мобілізацію та координацію допомоги з цивільного захисту ЄС на випадок значних надзвичайних ситуацій.

Будь-яка країна, що постраждала в наслідок значного лиха, як в ЄС, так і за його межами, може подати через Центр заявку на надання допомоги.

ЄС має низку угод з третіми країнами, регіональними ініціативами і міжнародними організаціями з метою сприяння наданню допомоги у разі стихійних лих.

Допомога може мати форму матеріально - технічної підтримки, міжнародних команд та обладнання, надання гуманітарної допомоги та шляхом залучення експертів для проведення оцінки ситуації.

Країни, що не є членами ЄС, можуть бути частково залучені до Механізму цивільного захисту та отримати статус "партнера". Така форма співпраці не передбачає участі в адмініструванні програми (наприклад, відрядження експертів до Єврокомісії) та фінансових внесків на це. Країни - партнери можуть залучатися до реалізації певних заходів у рамках програм.

Співробітництво між Україною та Європейським Союзом у галузі цивільного захисту вперше отримало свої правові рамки 8 грудня 2008 року, коли в м. Брюсселі було підписано Адміністративну домовленість між МНС України та Генеральним Директоратом "Навколишнє середовище" Європейської Комісії щодо співпраці між Центром моніторингу та інформації Механізму цивільного захисту Співтовариства та Оперативно - черговою службою МНС України .

Ефективність роботи Механізму цивільного захисту ЄС неодноразово підтверджувалася під час ліквідації наслідків масштабних надзвичайних ситуацій та стихійних лих, у тому числі і в Україні. Зокрема, під час ліквідації наслідків розливу нафтопродуктів у Керченській протоці (2007 рік.); подолання наслідків катастрофічних повеней у західних регіонах України (2008 рік); подолання наслідків пандемічної ситуації з захворювання на грип в Україні (2009 рік); оцінки небезпечної екологічної ситуації у м. Калуші Івано-Франківської області (2010 рік); надання допомоги громадянам України, які переміщуються з районів проведення антитерористичної операції та тимчасово окупованої території (2014 - 2015 роки).

Досвід співпраці з Механізмом цивільного захисту свідчить, що повноцінна участь України у ньому потенційно сприятиме зміцненню спроможності України у попередженні та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру на національному і міжнародному рівнях із залученням національних сил країн - членів ЄС за підтримки Координаційного центру реагування на надзвичайні ситуації Механізму ЄС, а також сприятиме координованому наданню гуманітарної допомоги постраждалому населенню.

У контексті поглиблення співпраці з ЄС у галузі цивільного захисту Україна прагне максимально інтегруватися до Механізму цивільного захисту.

Головною метою приєднання до Механізму цивільного захисту є повноцінна участь ДСНС України у Єдиній інформаційній системі екстреної комунікації Механізму цивільного захисту (SECIS), що використовується країнами - членами ЄС для інформування Центру про наявні національні сили країн - членів ЄС (модулі), їх склад і можливості, обладнання. Система також містить інформацію про засоби постачання і товари для надання гуманітарної допомоги. Центр використовує дану систему для інформування партнерів про розвиток можливих НС, обміну інформацією, направлення запитів про допомогу та пропозицій щодо надання допомоги, обліку оперативної документації (доступ до системи мають країни - члени

ЄС та учасники Механізму цивільного захисту), а також участь у навчаннях з цивільного захисту у рамках Механізму цивільного захисту та заходах навчальної програми.

Для подальшої реалізації зазначеного ДСНС України розроблено проект Плану спільних заходів Державної служби України з надзвичайних ситуацій і Генерального Директорату з гуманітарних питань та цивільного захисту Європейської Комісії щодо співробітництва у сфері цивільного захисту на 2015-2016 роки, а також проект нової редакції Адміністративної домовленості між ДСНС України та Генеральним Директоратом "Навколишнє середовище" Європейської Комісії щодо співпраці між Координаційним центром реагування на надзвичайні ситуації Механізму цивільного захисту Співтовариства та Оперативно - черговою службою ДСНС України.

В серпні 2014 року ДСНС України направлено офіційне звернення до Європейського Союзу стосовно опрацювання питання можливості приєднання України до Механізму цивільного захисту ЄС.

Реалізації цього завдання сприяє розпочата у 2011 році за ініціативи Європейської Комісії Програма Європейського Союзу з попередження, готовності та реагування на катастрофи природного та техногенного характеру для країн Східного партнерства (PPRD East), головним бенефіціаром якої в Україні виступає Державна служба України з надзвичайних ситуацій (раніше Міністерство надзвичайних ситуацій України).

Програма PPRD East, яка охоплює 6 країн: Азербайджан, Білорусь, Вірменію, Грузію, Молдову та Україну, впроваджена для поглиблення знань міжнародної спільноти про потенційні ризики у кожному із цих регіонів, а також про доступні ресурси для реагування на надзвичайні ситуації в них.

Очікується, що завдяки реалізації Програми у цих країнах буде розроблена загальна методика оцінки ризиків на базі рекомендацій Європейського Союзу, функціонуватиме електронний атлас регіональних ризиків, будуть проводитись міжнародні семінари для обміну досвідом та експертами, навчання викладачів у сфері цивільного захисту, проводитимуться спільні командно - штабні та польові навчання.

Протягом першої фази Програми проведено 84 міжнародні заходи - робочі зустрічі, тренінги, штабні навчання, семінари, конференції та ознайомчі тури у всіх шести країнах - партнерах (в Україні - 11 заходів) та у десяти країнах - членах Європейського Союзу, до яких було залучено 1799 осіб, з яких 979 учасників - представники органів та закладів цивільного захисту країн - партнерів, 870 осіб - представники інших державних інституцій, неурядових організацій, приватних компаній, міжнародних організацій та ЄС.

В рамках проведення першої фази Програми PPRDEast досягнуто:

поліпшення обміну інформацією та даними між країнами - партнерами та ЄС шляхом створення національних консультативних груп та забезпечення плідної співпраці з делегаціями ЄС у країнах - партнерах;

розширення знань про систему управління ризиками та загрозами в рамках Європейської політики сусідства та партнерства для країн Східного регіону;

розроблення Електронного регіонального атласу ризиків;

52 експерти пройшли базовий курс Механізму цивільного захисту ЄС;

35 осіб відвідали Координаційний центр реагування на надзвичайні ситуації Механізму цивільного захисту ЄС з метою поліпшення подальшої взаємодії;

організації вивчення концепції "підтримки приймаючої країни";

удосконалення оперативних навичок шляхом проведення низки штабних навчань;

опрацювання рекомендацій стосовно покращення систем цивільного захисту та управління ризиками шляхом адаптації законодавчих актів до стандартів ЄС та підвищення ефективності міжсекторального співробітництва і координації на національному рівні;

підвищення обізнаності населення про цивільний захист та управління ризиками стихійного лиха в країнах Східного партнерства шляхом створення об'єднання журналістів та видання наочної продукції для розповсюдження серед населення, зокрема таких, як сімейний довідник щодо дій у надзвичайних ситуаціях, дитячі плакати (постери), соціальні відео сюжети тощо.

Друга фаза Програми (грудень 2014р. – листопад 2015 р.) вартістю 5,5 млн. євро ґрунтується на досягненнях Фази I і її заходи зосереджені на:

наближенні до законодавства ЄС та найкращого досвіду в управлінні ризиками катастроф, наприклад Директива ЄС щодо повеней та засадничих документів ЄС у сфері цивільного захисту;

розбудові спроможності цивільного захисту країн - партнерів стосовно запобігання катастроф, підготовки до них та реагування на них;

продовженні розробки та практичному використанні Електронного атласу регіональних ризиків;

підвищенні обізнаності про катастрофи;

зміцненні зв'язків із Механізмом ЄС у сфері цивільного захисту та державами - учасниками.

Практичне застосування деяких принципів функціонування Механізму цивільного захисту Європейського Союзу здійснено під час проведення Державною службою України з надзвичайних ситуацій та Євроатлантичним координаційним центром реагування на катастрофи в період з 21 по 25 вересня 2015 року на території Львівській області спільних міжнародних польових навчань з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру "УКРАЇНА - 2015", відповідно до Річної національної програми співробітництва Україна - НАТО на 2015 рік, затвердженої Указом Президента України від 23 квітня 2015 року № 238.

Навчання " УКРАЇНА-2015" дозволили країнам - членам і державам - партнерам НАТО на практиці відпрацювати механізми реагування на надзвичайні ситуації різного характеру та сприяли підвищенню злагодженості дій рятувальних команд в умовах надзвичайних ситуацій. В ході навчань країни - члени і держави - партнери НАТО практикували процедури і можливості для того, щоб поліпшити здатність країни реагувати на катастрофу. Навчання також сприяли зміцненню державного потенціалу країни для ефективної координації заходів з ліквідації наслідків стихійного лиха.

В навчаннях "УКРАЇНА-2015" взяли участь більш ніж 1100 учасників із 34 країн світу. На церемонії відкриття навчань були присутні Президент України Порошенко П.О. та Генеральний секретар НАТО Єнс Столтенберг.

22 вересня 2015 року практичні аспекти взаємодії рятувальних служб, зокрема в рамках Механізму цивільного захисту Європейського Союзу, обговорені під час 17-ї Всеукраїнської конференції рятувальників "Сучасний стан цивільного захисту України: перспективи та шляхи до європейського простору".

23 вересня 2015 року відбувся науково-практичний семінар "Перспективи запровадження в Україні системи управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру", на якому розглянуто також питання реалізації Плану імплементації Директиви 2012/18/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 4 липня 2012 року про контроль значних аварій, пов'язаних із небезпечними речовинами (Севезо III).

Ці заходи відбулися в рамках проведення 22 - 25 вересня 2015 року в м. Києві XIV Міжнародного виставкового форуму "Технології Захисту/ПожТех - 2015".

Створенню та вдосконаленню міжнародних механізмів із запобігання та реагування на надзвичайні ситуації сприяє також Європейська асоціація навчальних закладів, які працюють в галузі безпеки (EFSCA). Україна входить до неї з 2009 року. За цей час вдалося реалізувати багато масштабних міжнародних навчальних та наукових проектів, які допомогли українським рятувальникам здобути не лише безцінний досвід, а й необхідне сучасне пожежно-рятувальне обладнання.

Розвивається тісна співпраця між європейськими, в тому числі і українськими вузами в напрямках розробки уніфікованих освітніх програм підготовки фахівців для пожежно - рятувальних служб, безпосередньо підготовки фахівців, а також інноваційної діяльності, досліджень та розвитку в галузі цивільного захисту і пожежної безпеки.

Слід зазначити, що в липні 2014 року команда Державного підприємства "Мобільний рятувальний центр" ДСНС України успішно пройшла 36 - годинні Міжнародні атестаційні

навчання в рамках атестації для вступу до Міжнародної дорадчої консультативної групи ООН з проведення пошуково-рятувальних операцій в умовах міста (ІНСАРАГ).

Це важливий крок до подальшої плідної співпраці між великою та дружньою родиною ІНСАРАГ і командою українських рятувальників. Команда ДП МРЦ стала частиною міжнародної спільноти рятувальників, які миттєво готові прийти на допомогу тим, хто її потребує.

ВИСНОВКИ

Розбудова сучасної та потужної системи цивільного захисту населення і територій України потребує ще більш тісної співпраці з відповідними європейськими структурами, зокрема в рамках Механізму цивільного захисту Європейського Союзу.

Главою 6 "Навколишнє природне середовище" розділу 5 "Економічне і галузеве співробітництво" Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом передбачено співробітництво у сфері цивільного захисту.

Реалізації одного із пріоритетів євроінтеграції - приєднання України до Механізму цивільного захисту Європейського Союзу сприятиме підписання та реалізація нової редакції Адміністративної домовленості між ДСНС України та Генеральним Директоратом "Навколишнє середовище" Європейської Комісії щодо співпраці між Координаційним центром реагування на надзвичайні ситуації Механізму цивільного захисту Співтовариства та Оперативно - черговою службою ДСНС України, подальша участь у заходах Фази 2 Програми Європейського Союзу з попередження, готовності та реагування на катастрофи природного та техногенного характеру для країн Східного партнерства (PPRD East).

ЛІТЕРАТУРА

1. Указ Президента України від 26.05.2015 № 287 "Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року "Про Стратегію національної безпеки України". [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents>
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.09.2014 № 847 - р. "Про імплементацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами - членами, з іншої сторони". [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/newsnpd>
3. Рішення Ради ЄС від 23 жовтня 2001 року про встановлення механізму Співтовариства щодо посилення співпраці у наданні допоміжних інтервенцій стосовно цивільного захисту (2001/792/ЄС, Євратом). // Офіційний вісник Європейського Співтовариства. - 15. 11. 2001. - UAL 297/7
4. Рішення Європейського парламенту та Ради № 1313/2013/EU від 17 грудня 2013 року про Механізм цивільного захисту Союзу. // Офіційний вісник Європейського Співтовариства. - 20. 12. 2013. - L 347/924
5. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on The assessment and Management of Flood risks / Директива 2007/60/ЄС Європейського парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про оцінку та управління ризиками повеней (Eng/Rus) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://euroeastcp.eu/ru/eu-documents.html>
6. Directive on the Control of Major - accident hazards Involving Dangerous Substances (Seveso III) (Eng) / Директива щодо контролю за ризиками виникнення надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних хімічних речовин (Севезо III) (Rus) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://euroeastcp.eu/ru/eu-documents.html>
7. Directive on the Control of Major - accident hazards Involving Dangerous Substances (Seveso II) / Директива про попередження важких аварій (Севезо II) (Eng/Rus) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://euroeastcp.eu/ru/eu-documents.html>
8. Бойко А.П. Надзвичайні ситуації не мають кордонів. // Оборонний вісник. - 2013. - № 8. - С. 4 - 9.

9. Труш О.О. Досвід побудови та функціонування цивільного захисту країн - членів Європейського Союзу Західної Європи / О.О.Труш. Теорія і практика державного управління: зб.наук.пр. - Х.: Вид - во Хар. РІ НАДУ "Магістр", 2009. - Вип. 4 (27): - С. 441 - 447.

10. Інформаційні матеріали щодо Програми Європейського Союзу з попередження, готовності та реагування на катастрофи природного та техногенного характеру для країн Східного партнерства (PPRD East). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://euroeastcp.eu/ru/eu-documents.html>

А.М. Лагоднюк

В.М. Корбутяк
канд. техн. наук

Д.В. Стефанишин
д-р техн. наук

ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТА ШОРСТКОСТІ РІЧКОВИХ ЗАПЛАВ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ПІДТРИМКИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕНЕЙ НА РІКАХ

Повені є одним з ключових факторів ризику, що стримує або обмежує господарську діяльність на прирічкових територіях [1-3]. За кількістю людських жертв і постраждалих, економічними збитками тощо вони поступаються лише катастрофічним землетрусам.

Поняття повені як стихійного явища так чи інакше пов'язане з людиною та її діяльністю. Повені на ріках відбуваються тоді, коли при паводках, водопіллях, попусках гідроелектростанцій (ГЕС), заторах, зажорах, руйнуванні напірних гідроспоруд тощо затоплюються території, на яких проживає людина або які використовуються людиною.

За деякими оцінками площа земель в Україні, на яких регулярно проявляються катастрофічні наслідки лише від повеней гідрометеорологічного походження, становить майже 165 тис. км² (це більше 27% всієї території), де проживає біля третини всього населення країни. Найбільшої шкоди від таких повеней в Україні зазнають райони Карпат (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Чернівецька області), деякі райони Поділля (Тернопільська, Хмельницька та Вінницька області), Полісся (Волинська, Рівненська області), придунайські та придніпровські території, а також Донбас. Існує і потенційна небезпека виникнення штучних повеней в країні внаслідок аварій на напірних гідроспорудах гідровузлів. На разі в Україні нараховується 1153 гідровузли, напірні гідроспоруди яких створюють водосховища об'ємом 1 млн. м³ і більше, і які відносяться до потенційно небезпечних об'єктів.

З метою оцінки ймовірних економічних, екологічних та соціальних збитків і втрат від повеней, розробки ефективних заходів щодо захисту господарських об'єктів, сповіщення та евакуації населення тощо, здійснюється математичне моделювання неусталеного руху води, що виникає при повенях, спричинених природними або штучними паводками. Значну складність при підготовці даних, необхідних для моделювання перебігу повеней, може скласти ідентифікація коефіцієнта Гоклера-Манінга (коефіцієнта шорсткості), який входить в рівняння Сен-Венана, що описують неусталений рух води у відкритих руслах, і є емпіричним коефіцієнтом, який залежить від багатьох факторів, в тому числі від шорсткості русла і заплави, звивистості русла, характеру рослинності в руслі і на заплаві тощо. В представлений роботі розглядається задача ідентифікації коефіцієнта шорсткості річкових заплав за даними дистанційного зондування для підтримки математичного моделювання неусталеного руху води, що виникає при повенях на ріках, викликаних природними або штучними паводками, з метою кількісної оцінки повеневої небезпеки та пов'язаного з нею ризику. Запропоновано підхід до його ідентифікації на основі використання вегетаційних індексів та проаналізовано основні алгоритми контрольованої і неконтрольованої класифікації об'єктів для розв'язання задач структурної ідентифікації рослинного покриву територій річкових заплав.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авакян А.Б. Наводнення. Концепция защиты / А.Б. Авакян // Известия РАН. Серия географическая. – 2000. – № 5. – С. 40-46.
2. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, О.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наукова думка, 2008. – 544 с.
3. Предупреждение и смягчение последствий природных катастроф // Бюллетень ВМО. – 2006. – Т. 55 (1). – 67 с.

Д.В. Стефанишин
д-р техн. наук

ПРО УДОСКОНАЛЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РЕГРЕСІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ГРЕБЕЛЬ, ОБЛАДНАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ МОНІТОРИНГУ

Моніторинг передбачає цілеспрямовані і систематичні спостереження за визначеними компонентами або параметрами об'єкта досліджень, спеціальним чином організовані в просторі і в часі, а також комплекс методів обробки накопичених даних та прогнозування поведінки досліджуваної системи, процесу, явища за отриманими даними спостережень на основі математичних моделей з метою прийняття відповідних рішень [1]. Серед основних математичних моделей, що використовуються при цьому, виділяються моделі регресійного типу [2]. Такий підхід до прогнозування в умовах усталених режимів розвитку систем, зокрема, і для гребель, за обмежень, що не допускають різких змін в поведінці системи, біфуркацій й катастрофічних сценаріїв, може вважатися цілком виправданим [3].

Однак традиційні методи побудови регресійних моделей за даними інструментальних спостережень на греблях не завжди відповідають граничним обмеженням, які накладаються на регресійну модель. Практика показує, що зі збільшенням кількості накопичених даних спостережень проблеми, пов'язані з рішенням оптимізаційної задачі можуть виникати навіть у випадках використання відносно простих регресійних моделей [4]. При цьому ускладнення регресійної моделі за рахунок врахування додаткових факторів та параметрів, нелінійних ефектів тощо можуть погіршувати її якість при прогнозуванні.

Пропонується підхід до прогнозування поведінки гребель за даними моніторингу, що ґрунтується на ідеї ситуаційно-індуктивного моделювання. Згідно з цим підходом підставою для побудови більш складних індуктивних моделей є результати більш простого ситуаційного моделювання на окремих часових інтервалах функціонування системи, які характеризуються однорідним прогнозним фоном і обмежуються монотонними або квазістаціонарними динамічними рядами даних. За допомогою ситуаційних моделей регресійного типу, в межах обмежених інтервалів часу, де такі моделі можуть вважатися адекватними, здійснюється оперативне (короткотермінове) прогнозування. Строкове (довготермінове) прогнозування здійснюється на основі індуктивних моделей, які в загальному випадку можуть представлятися у вигляді комбінацій трендів та регресій залишків вилучення трендів. Відповідно за допомогою індуктивних моделей відслідковується еволюція ситуаційних регресійних моделей як фазових портретів минулих станів греблі як динамічної системи та відтворюються ситуаційні моделі її станів для майбутніх періодів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Collacott R.A. Structural Integrity Monitoring / R.A. Collacott. London – New York; Chapman and Hall, 1985. 455 p.
2. Kuhn M. Applied Predictive Modeling / M. Kuhn, K. Johnson. – New York: Springer Science+Business Media, 2013. – 600 p.
3. Stefanyshyn D.V. Prediction of indexes of dynamic system with use of observational data as time series / D.V. Stefanyshyn // Problems of decision making under uncertainties (PDMU-2013). Abstracts of XXII International Conference. September 23-27. Foros-Yalta, Ukraine. Kyiv, 2013. – P. 31-32.
4. Stefanyshyn D.V. A Method of Forecasting of Indices of Dynamic System that evolves slowly based on Time Series Analysis / D.V. Stefanyshyn // ICIM 2013. Proc. of 4th Int. Conf. on Inductive Modelling; Kyiv, Ukraine, September 16-20, 2013. – P. 221-224.

В.А. Лахно
д.т.н., доц.

А.М. Терещук

Т.А. Петренко

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ КИБЕРАТАК НА КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

Активное развитие критически важных компьютерных систем (КВКС) сопровождается возникновением новых угроз для информационной безопасности, о чем свидетельствует рост числа киберинцидентов и кибератак. Следовательно, актуальность новых исследований, направленных на дальнейшее развитие методов защиты на основе интеллектуального распознавания киберугроз и обеспечения информационной безопасности области, является одной из ключевых проблем киберзащиты КВКС. В статье предложена категориальная модель, которая позволяет для конкретных КВКС, устанавливать отношения между элементами адаптивной системы распознавания кибератак. Использование данной модели позволяет решать сложные задачи управления процессом киберзащиты КВКС, а также, может быть применена при разработке программных решений для систем киберзащиты.

Ключевые слова: *адаптивные системы распознавания кибератак, критически важные компьютерные системы, защита информации, кибербезопасность*

ADAPTIVE SYSTEMS OF RECOGNITION CYBER-ATTACKS FOR CRITICAL COMPUTER SYSTEMS

Active development of critical computer systems (CCS) is accompanied by rise of new security threats, as testified by the growing number of cyber incidents and cyber-attacks. Therefore, the relevance of new research aimed at further development of methods of protection based on intelligent detection of cyber threats and information security field, is one of the key issues of cyber defense CCS. In this paper is offered a categorical model that allows for specific CCS, establish interconnections between elements of the adaptive systems of recognition cyber-attacks. Such model allows us to solve complex management tasks cyber defense of CCS process, and can be used in the development of software solutions for cyber security systems.

Keywords: *adaptive systems of recognition cyber-attacks, critical computer systems, information security, cyber security.*

Введение. Глобальное развитие критически важных компьютерных систем (КВКС) в энергетике, промышленности, связи и на транспорте, объектах инфраструктуры современных мегаполисов, и т.п. требует постоянного отслеживания киберугроз, а также уязвимостей технических компонентов и программного обеспечения (ПО). Одним из перспективных и актуальных направлений исследований в области проектирования систем распознавания киберугроз, аномалий и кибератак (СРКА) является предоставление им свойства адаптивности. В частности, при этом можно использовать модели и методы информационно-экстремальной технологии, основанной на максимизации информационной способности СРКА путем использования при обучении дополнительных информационных ограничений, касающихся признаков аномалий в работе КВКС.

Анализ литературных данных и постановка проблемы.

По данным различных источников [1-4], за период с 2009 по 2015 год количество киберинцидентов, том числе, кибератак направленных на информационные системы государств, входящих в топ 20, выросло в среднем в 15 раз, рис. 1. Причем зафиксирована тенденция устойчивого роста количества киберинцидентов и кибератак, что, в частности, объясняется ростом количества КВКС подключенным к глобальным сетям, рис. 2.

После того как в промышленных, энергетических и транспортных КВКС были выявлены столь сложные вирусы как Stuxnet (2010), Duqu (2011), Flame (2012), Careto (2014), произошел резкий скачок интереса к информационной безопасности критически важных автоматизированных систем управления (АСУ или SCADA). В итоге в период с 2011 по 2015 г. В компонентах критически важных SCADA было выявлено более 130 уязвимостей [1-2, 5-7], рис. 3. Наибольшее количество уязвимостей (42) за отчетный период было выявлено в компонентах КВКС компании Siemens [2-4].

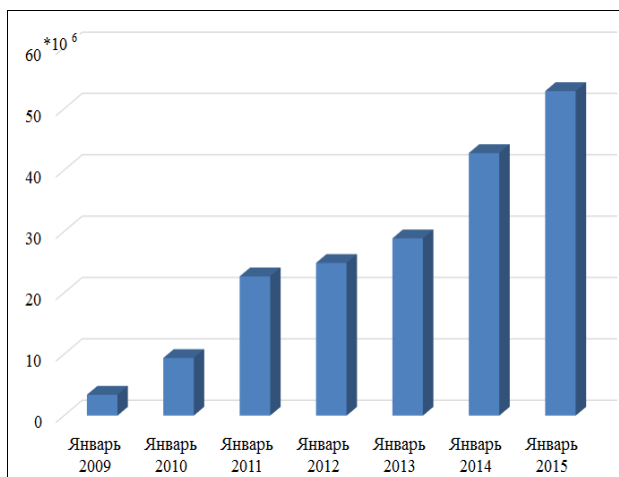


Рис. 1. Динамика киберинцидентов в КВКС за период с 2009 по 2015 г. (Данные [1, 3, 4])

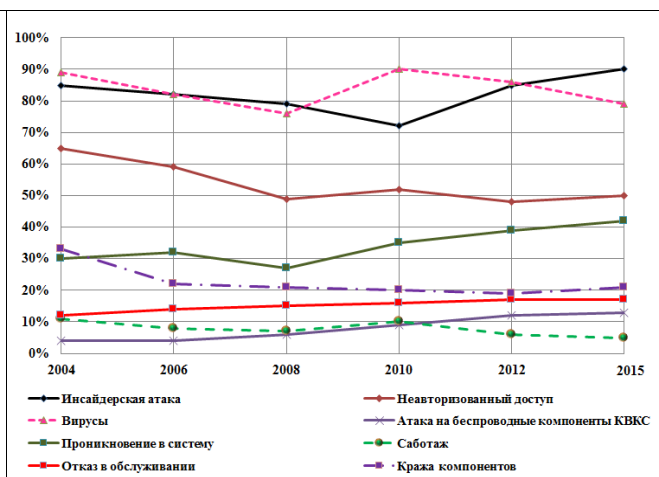


Рис. 2. Динамика киберугроз для КВКС предприятий (Данные [1, 3, 4, 11])

Представляют интерес для злоумышленников и такие компоненты КВКС и SCADA как человеко-машинные интерфейсы. В них за период с 2004 г. по 2015 г. было обнаружено более 120 уязвимостей [2, 4, 6], рис. 4.

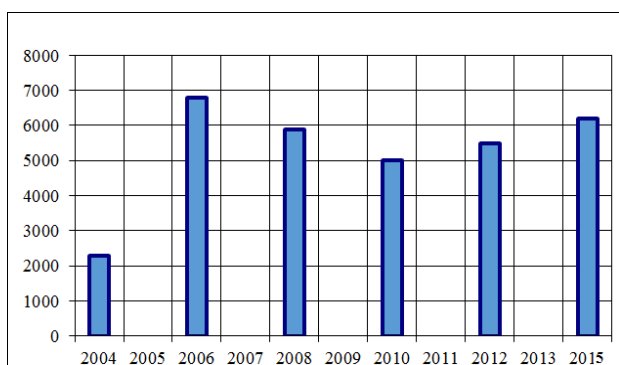


Рис. 3. Динамика роста уязвимостей в КВКС (Данные [1-4, 6])

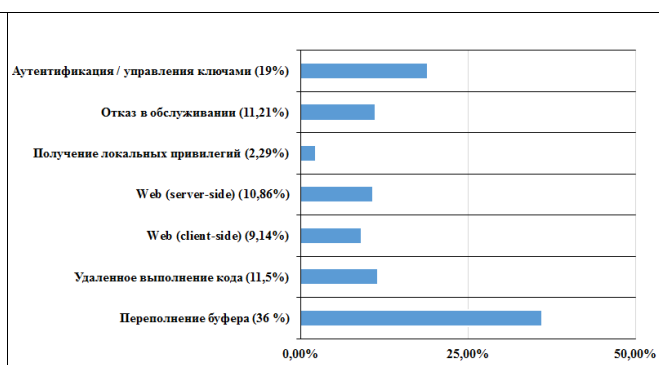


Рис. 4. Типы уязвимостей КВКС (Данные [1-4, 7, 8])

Почти треть уязвимостей (36%) связана с переполнением буфера. Реализация подобного сценария кибератаки может позволить злоумышленнику не только вызвать отказ в обслуживании, но и выполнять в целевой системе произвольный код. Если сложить все типы уязвимостей, эксплуатация которых позволяет хакеру запустить выполнение стороннего кода

или вызвать отказ в обслуживании (Buffer Overflow, Remote Code Execution, DoS), то получится около 50% всех уязвимостей см. рис. 4 [2, 5, 7, 8].

По данным, представленным в [2, 3, 8, 11, 12, 14] количество уязвимостей в КВКС, например, энергетики, связи и транспорта, с 2004 года увеличились на 600%.

Кроме того, как показало исследование [5, 7, 9, 10-12], требования к уровню сложности для успешного проведения атаки против промышленных, энергетических и транспортных КВКС снизилась с максимального уровня - более чем на 90% в 2004 году, до 48% в 2015 году, см. рис. 5.

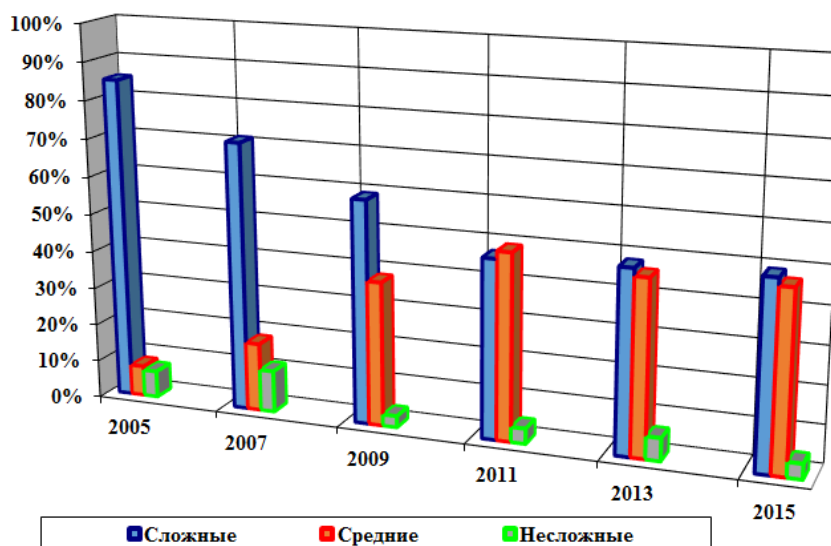


Рис. 5. Динамика роста требований к уровню сложности кибератак

Постановка цели и задач исследования. Цель исследования – разработка категорийной модели адаптивной СРКА.

Для достижения цели работы необходимо разработать модель, которая позволяет для конкретных КВКС, устанавливать отношения между элементами СРКА.

Категорийная модель адаптивной системы распознавания аномалий и кибератак в КВКС.

Следует отметить, что подходы к созданию СРКА, реализующие классические алгоритмы [6, 8, 9, 11, 13, 14] хороши для строго определенного количества угроз. В том случае если возникает новая уязвимость или класс кибератак, которые не блокируется системой защиты информации (СЗИ), следует предусмотреть возможность изменения архитектуры базовой системы СРКА. Кроме того, что в настоящий момент большинство рассмотренных в работах [8, 9, 11] моделей угроз для КВКС не учитывают риски возникновения новых уязвимостей и угроз. То есть:

$$YZ_{1D_{сзи}} + YZ_{2D_{сзи}} = YZ_{3D_{сзи}} \neq YZ_{12D_{сзи}}, \quad (1)$$

где $YZ_{iD_{сзи}}$ - уязвимость уровней СЗИ для КВКС.

В большинстве работ, посвященных математическому моделированию уязвимостей КВКС [3, 10, 11-15], не учитываются коэффициенты вероятности возникновения уязвимостей у ПО и оборудования в зависимости от времени эксплуатации (например, увеличивается вероятность выхода из строя оборудования со временем. А для ПО, скорее всего, характерен скачок уязвимостей на ранних этапах жизненного цикла и их дальнейшее снижение).

Таким образом, одним из наиболее важных аспектов обеспечения киберзащиты КВКС, являются ее адаптационные возможности, проявляющиеся в условиях изменения среды эксплуатации.

Адаптация КВКС определяется, прежде всего, способностью системы выработать правильную стратегию поведения в связи с изменением условий существования (внешних и внутренних факторов, в том числе и кибератак). Адаптация может быть представлена, например, специальными аппаратно-программными механизмами типа кластеризации и динамического перераспределения (балансировки) нагрузки [8, 9, 11, 12, 15].

Схема адаптивной системы киберзащиты КВКС можно представить следующим образом, см. рис. 6.



Рис. 6. Схема адаптивной системы защиты информации КВКС

Математическое описание СРКА выглядит следующим образом:

$$\Delta = \langle I \times T \times S \times \Omega \times K, X^{[2]}, B^{[2]}, \phi_1, \phi_2 \rangle, \quad (2)$$

где I – множество входных факторов (сигналов), которые влияют на ИБ КВКС; T – множество моментов времени снятия информации о состоянии ИБ (киберзащищенности КВКС); S – пространство признаков для распознавания киберугроз КВКС; Ω – пространство возможных функциональных состояний ИБ КВКС; K – база знаний для идентификации аномалий, киберугроз или кибератак; $X^{[2]}$ – учебная матрица (эталон) для двух классов; $B^{[2]}$ – бинарная учебная матрица; ϕ_1, ϕ_2 – операторы формирования входной и бинарной учебных матриц соответственно.

Категориальная модель адаптивной СРКА приведена на рис. 7.

Оператор $\Theta : B^{[2]} \rightarrow R^{[2]}$ используется для разбиения пространства признаков аномалий, киберугроз или кибератак на два класса распознавания. С помощью параметра классификации Φ проверяется статистическая гипотеза о принадлежности реализаций к моделируемому классу аномалий, киберугроз или кибератак. Оценивая статистические гипотезы, с помощью оператора γ , формируем множество AR^g характеризующее точность распознавания, соответственно, q – количество статистических гипотез, $g = q^2$ – количество характеристик СРКА.

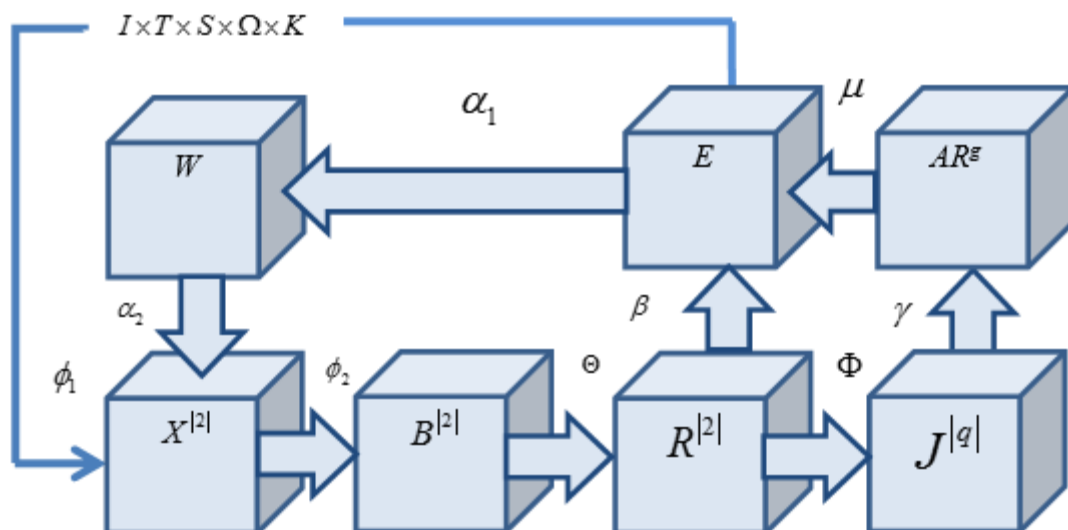


Рис. 7. Категориальная модель СРКА для КВКС

Оператор μ формирует множество E , которое состоит из значений информационного критерия функциональной эффективности СРКА. Оператор β используется для оптимизации системы контрольных отклонений СРКА. Множество W , замыкается последовательно оператором $\alpha_1 : E \rightarrow W$ и оператором $\alpha_2 : W \rightarrow X$, который изменяет реализации признаков аномалий, киберугроз или кибератак в процессе обучения СРКА.

В настоящий момент с учетом предложенной модели, ведется разработка системы поддержки принятия решений и экспертной системы, способных к адаптации и самообучению в процессе решения сложных задач обеспечения киберзащиты КВКС.

Выводы

В результате выполненных исследований разработана категориальная модель, которая позволяет на этапе анализа СРКА для конкретных КВКС, устанавливать отношения между элементами адаптивных систем киберзащиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основная статистика за 2015 год [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: https://securelist.ru/files/2015/12/KSB_2015_Stats_FINAL_RU.pdf
2. MITRE Research Program [Electronic resource]. – Available at: <http://www.mitre.org>
3. Creating trust in the digital world EY's Global Information Security Survey 2015 [Electronic resource]. – Available at: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-information-security-survey-2015/\\$FILE/ey-global-information-security-survey-2015.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-information-security-survey-2015/$FILE/ey-global-information-security-survey-2015.pdf)
4. 2015 Attacks Statistics [Electronic resource]. – Available at: <http://www.hackmageddon.com/2016/01/11/2015-cyber-attacks-statistics/>
5. Abidar, R. Intelligent and Pervasive Supervising Platform for Information System Security Based on Multi-Agent Systems [Text] / R. Abidar, K. Moummadi, F. Moutaouakkil, H. Medromi // International review on computers and software. – 2015. – Vol. 10, Issue 1. – P. 44–51. doi: 10.15866/irecos.v10i1.4699
6. Alcaraz, C. Critical Control System Protection in the 21st Century [Text] / C. Alcaraz, S. Zeadally // Computer. – 2013. – Vol. 46, Issue 10. – P. 74–83. doi: 10.1109/mc.2013.69
7. Hassani, A. Integrity-OrBAC: a new model to preserve Critical Infrastructures integrity [Text] / A. A. El Hassani, A. A. El Kalam, A. Bouhoula, R. Abassi, A. A. Ouahman // International Journal of Information Security. – 2015. – Vol. 14, Issue 4. – P. 367–385. doi: 10.1007/s10207-014-0254-9

8. Дудикевич, В. Б. Проблеми оцінки ефективності систем захисту [Текст] / В. Б. Дудикевич, І. А. Прокопишин, В. Ф. Чекурін // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Сер.: Автоматика, вимірювання та керування. – 2012. – № 741. – С. 118–122.
9. Грищук, Р. В. Атаки на інформацію в інформаційно-комунікаційних системах [Текст] / Р. В. Грищук // Сучасна спеціальна техніка – 2011. – № 1 (24). – С. 61–66.
10. Корченко, А. А. Система формування нечітких еталонів сетевих параметрів [Текст] / А. А. Корченко // Захист інформації. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 240–246.
11. Lahno, V. Ensuring of information processes' reliability and security in critical application data processing systems [Text] / V. Lahno // MEST Journal. – Belgrade. – 2014. – Vol. 2, Issue 1. – P. 71–79. doi: 10.12709/mest.02.02.01.07
12. Li, H.-H. Study of Network Access Control System Featuring Collaboratively Interacting Network Security Components [Text] / H.-H. Li, C.-L. Wu // International review on computers and software. – 2013. – Vol. 8, Issue 2. – P. 527–532.
13. Geuna K. Applying Need Pull and Technology Push Theory to Organizational Information Security Management [Text] / K. Geuna, K. Sanghyun // International Business Management. – 2015. – Vol. 9. Issue 4. – P. 524–531.
14. Geetha, R. Secure Communication Against Framing Attack in Wireless Sensor Network [Text] / R. Geetha, E. Kannan // International review on computers and software. – 2015. – Vol. 10, Issue 4. – P. 393–398. doi: 10.15866/irecos.v10i4.5520
15. Shamshirband, S. An appraisal and design of a multiagent system based cooperative wireless intrusion detection computational intelligence technique [Text] / S. Shamshirband, N. B. Anuar, M. L. Kiah, A. Patel, // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2013. – Vol. 26, Issue 9. – P. 2105–2127. doi: 10.1016/j.engappai.2013.04.010

О.В. Євтушенко
канд.техн.наук, доц.

А.О. Сірик

П.В. Породько

Т.О. Потапова

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ

Аналіз ризиків виробничого травматизму дозволить розробити обґрунтовані і ефективні шляхи профілактики травмування працівників на підприємствах, в галузі, тощо. Для забезпечення фільтрації статистичних даних та візуалізації результатів для обробки наявної статистики виробничого травматизму найбільш доцільним є метод головних компонент. Корисність цього методу при аналізі даних виробничого травматизму ґрунтується на можливості зменшення обсягів аналізу інформації та визначення найбільш суттєвих факторів виробничого травматизму. Наукові результати досліджень є внеском у розвиток теоретичних і прикладних основ охорони праці у частині, що стосується діагностування, прогнозу, моделювання екстремальних ситуацій та оцінки їх наслідків.

Ключові слова: *виробничий травматизм, ризик, нещасний випадок, головна компонента.*

UPGRADING METHOD OF ANALYSIS OF RISKS OF OCCUPATIONAL TRAUMATISM

Analysis of risks of occupational traumatism allows developing sound and effective ways of preventing injuries of employees in a manufacture environment, in factories etc. To provide statistical data filtering and to visualize the results for processing the available statistics of occupational traumatism, the method of major components is the most appropriate. Usefulness of this method in analysis of data of occupational traumatism is based on the ability to lessen the scope of information analysis and to find the most substantial factors of occupational traumatism. Scientific results of the investigations are a contribution into the development of theoretical and action-oriented bases of labor occupational safety in the part, which covers diagnosing, forecasting, modeling the extreme situations and their consequences evaluation.

Keywords: occupational traumatism, risk, accident, major component.

Одним з перспективних наукових напрямків підвищення безпеки виробництва є аналіз та прогнозування професійних ризиків, безпосередньо пов'язаного з процесом виробництва, і створення умов для профілактики та запобігання травматизму.

Питання виявлення статистичних показників, що характеризують вплив зовнішніх причин на виробничий травматизм на даний час залишається не вирішеним. Методи, які традиційно використовуються для аналізу травматизму, не дозволяють всебічно досліджувати причини цього явища.

Мета дослідження – удосконалення методу аналізу ризиків виробничого травматизму, для зменшення обсягів аналізу статистичної інформації та визначення найбільш суттєвих факторів виробничого травматизму.

Об'єкт дослідження – явище виробничого травматизму.

Загальний підхід для оцінки ризику виробничого травматизму передбачає аналіз нещасних випадків на виробництві за усією сукупністю їх ознак, визначених законодавством. Під *ризиком виробничого травматизму* у роботі будемо розуміти кількісну міру прояву небезпеки нещасного випадку на виробництві.

У загальному випадку ризик виробничого травматизму можна визначити як:

$$R = \sum_{i=1}^n S_i P_i, \quad (1)$$

де S_i – наслідки нещасного випадку;

P_i – ймовірність (частота) нещасного випадку;

n – кількість нещасних випадків.

Для визначення наслідків нещасного випадку S_i можна використовувати економічні показники, що дозволяє оцінювати ризик R у грошових одиницях.

Ризик нещасних випадків на виробництві при використанні єдиної розмірності при обчисленні наслідків можна подати у вигляді суми складових

$$R = R_c + R_{инв} + R_{тп} + R_{мтп}, \quad (2)$$

де R_c – ризик смерті;

$R_{инв}$ – ризик інвалідності;

$R_{тп}$ – ризик травми;

$R_{мтп}$ – ризик мікротравми.

Разом з тим, за умови близьких значень наслідків нещасних випадків або у разі неможливості їх оцінювання (наприклад у випадку смерті потерпілого), обчислення ризиків можна здійснювати лише за ймовірностями появи нещасних випадків. Більш актуальним у питанні визначення ризику є визначення причин виробничого травматизму.

Проблема визначення причин виробничого травматизму є ключовою для забезпечення ефективної профілактики цього небажаного явища на всіх рівнях управління охороною праці. Для вирішення цієї проблеми вже багато зроблено найбільше з напрямків розслідування, обліку та аналізу безпосередніх причин виробничого травматизму [1–2]. Проте однозначних відповідей на питання, яким чином впливають на виробничий травматизм загальні характеристики виробництва, стан основних фондів, державний нагляд за охороною праці та ресурсне забезпечення потреб безпеки праці. Тобто зовнішніх факторів, потенційно спроможних впливати на виробничий травматизм, на сьогодні немає (крім загальних міркувань, що базуються на логічних узагальненнях та суб'єктивних уявленнях). У відомих нині дослідженнях та в практиці аналізу, що орієнтуються на урахування впливу зовнішніх чинників на травматизм, використовуються: співставлення динаміки внутрішнього валового продукту та рівнів травматизму [3], оцінювання травматизму показниками кількості травм на одиницю виробленої продукції [4], експертні оцінки впливу зовнішніх чинників на виробничий травматизм [6–7] тощо. Тобто ураховуються лише окремі характеристики зовнішніх факторів, що не дозволяє виконувати комплексне оцінювання впливу на травматизм усього спектру виробничих і соціально-економічних чинників, а це суттєво збіднює результати аналізу і не дозволяє ураховувати тенденції змін зовнішніх факторів для коригування профілактики виробничого травматизму.

Безпосередні причини виробничого травматизму аналізують за допомогою трьох основних груп методів: статистичного, топографічного та методів поглибленого аналізу [7]. Дещо більше розширюють методичну базу цього виду аналізу вітчизняні публікації більш пізнього періоду (груповий метод аналізу для виділення однорідних груп травм, морфологічний аналіз тощо) [8], проте суть залишається тією ж: аналізується, в основному, статистика травматизму з урахуванням (у кращому випадку) небезпечних виробничих факторів (на суб'єктивному рівні), спроможних привести до нещасного випадку.

Для полегшення аналізу застосовуються уніфіковані класифікації причин травматизму. Так, з 1973 р. запроваджується державна обов'язкова статистична форма звітності підприємств про виробничий травматизм (№ 7т, потім № 7-тнв) [7, с.201]. Слід відмітити, що класифікації причин травматизму у цих формах часто змінювалися, що зменшує цінність інформації, накопиченої за допомогою цих форм. Наведені у цих формах статистичні дані є практично єдиним офіційним джерелом для узагальнених оцінок причин виробничого травматизму в Україні. Проте через недосконалість методів оцінки цих даних, інформаційний потенціал їх використовується далеко не повністю.

Стан теоретичних і прикладних розробок щодо природи виробничого травматизму та його причини не забезпечує сучасною методичною базою процес аналізу травматизму, особливо при необхідності виявлення та оцінювання зовнішніх та безпосередніх причин ризику травмування на виробництві. Тому для досліджень причинно-наслідкових зв'язків у процесі травмування потрібні принципово інші методи, які дозволяли б виконувати кількісний комплексний аналіз статистичної інформації та сприяли б виявленню реальних причин виробничого травматизму.

Для аналізу безпосередніх причинно-наслідкових зв'язків, що мають місце в процесі травмування, нижче наведена схема виникнення нещасного випадку, що відображається статистичними даними про безпосередні причини виробничого травматизму [9]. З використанням цієї схеми вирішувалися завдання підвищення інформативності наявної статистики про основні причини виробничого травматизму та види подій, що призводять до нещасного випадку. Основним джерелом такої інформації є акти розслідування нещасних випадків та результати їх узагальнення у формах обов'язкової щорічної статистичної звітності. В цих формах виділяються 16 основних причин нещасних випадків і 15 видів травматичних подій, які традиційно аналізуються окремо, незалежно одні від інших.

Для підвищення інформативності досліджуються бінарні поєднання (групи) “причина травмування – вид травматичної події”, що багатократно збільшує кількість можливих варіантів (різновидів) причин травмування, прихованих у статистичних даних форми № 7-тнв, та дозволяє більш конкретно й цілеспрямовано визначати способи попередження виробничого травматизму.

Дослідження бінарних груп базується на причинно-наслідковому ланцюжку [9], показаному на рис. 1.

До причин травмування, інформація про які наводиться у статистичній звітності, відносяться: конструктивні недоліки (P_1), недосконалість технологічних процесів (P_2), незадовільний технічний стан виробничих фондів (P_3), інші технічні причини (P_4), недоліки з навчання (P_5), порушення режиму праці та відпочинку (P_6), недоліки з медичним обстеженням (профвідбором) (P_7), відсутність або незастосування засобів індивідуального захисту (P_8), порушення технологічного процесу (P_9), порушення при експлуатації виробничих фондів (P_{10}), порушення правил дорожнього руху (P_{11}), порушення трудової й виробничої дисципліни (P_{12}), інші організаційні причини (P_{13}), алкогольне й наркотичне сп'яніння (P_{14}), інші психофізіологічні причини (P_{15}), інші причини (P_{16}).

Рис.1. Схема виникнення нещасного випадку, що відображається статистичними даними про безпосередні причини виробничого травматизму

Статистична інформація про види подій, що призводили до травмування працівника включає наступні події: дорожньо-транспортні пригоди (B_1), падіння потерпілого (без падіння

з висоти) (B_2), падіння потерпілого з висоти (B_3), падіння предметів, матеріалів, породи, ґрунту (B_4), дія деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються (B_5), ураження електричним струмом (B_6), дія шкідливих та токсичних речовин (B_7), дія іонізуючих випромінювань (B_8), нервово-психічні перевантаження (B_9), контакт з тваринами, комахами, іншим (B_{10}), утоплення (B_{11}), навмисне вбивство чи навмисні дії іншої особи, що призвели до травми (B_{12}), стихійне лихо (B_{13}), пожежі (B_{14}), інші види подій (B_{15}).

Прийемо, що для оцінювання складових схеми (рис. 1) застосовуються кількісні характеристики у вигляді показників ризику. Тобто причини травматизму оцінюються за показниками ризику травмування за кожною з причин Π_i (i – індекс причини травмування, $i = 1, 2, \dots, 16$), а види подій, що призвели до травмування – за показниками ризику, що відповідають кожній травматичній події B_j (j – індекс виду травматичної події, $j = 1, 2, \dots, 15$). Показники ризику травмування загалом R та за окремими причинами чи видами подій визначаються за частотою нещасного випадку: $R^t = N^t / N_c$, де N^t – кількість травмованих без смертельного наслідку або зі смертельним наслідком чи кількість травмованих за окремими причинами Π_i чи видами подій B_j (без смертельного наслідку та зі смертельним наслідком), N_c – середньооблікова кількість працюючих. Для полегшення сприйняття цифр прийнято множити їх на 100 000. Показник ризику в цьому випадку інтерпретується як кількість травмованих чи загиблих на виробництві за рік на сто тисяч працюючих (міжнародна практика).

Специфіка статистичної інформації про причини травматизму та види подій, що призводили до нещасних випадків полягає в тому, що виконується умова [105]

$$R = \sum_{i=1}^{16} P(\Pi_i) = \sum_{j=1}^{15} P(B_j) \quad (3)$$

тобто загальний ризик травмування R^t дорівнює сумі ризиків (ймовірностей травмування) за причинами або сумі ризиків нещасного випадку (ймовірностей травмування) за видами подій.

Особливістю статистичної інформації про причини травмування на виробництві є також те, що кожному нещасному випадку відповідає лише одна причина і лише один вид травматичної події. Тобто ризик травмування за кожною з травматичних подій залежить лише від однієї з причин, що наводяться у статистичних бюлетенях [10]:

$$P(B_j) = f \left[P(\Pi_i) \right] \quad (4)$$

Оскільки ризик нещасного випадку – це ймовірність травмування на виробництві, з показниками ризику можна виконувати дії, передбачені теорією імовірності. Зокрема, для розв'язання завдань, що вирішуються у дисертації використовується поняття умовної ймовірності. Відомо, що умовною ймовірністю $P_A(B)$ називають ймовірність події B , обчисленої за умови того, що подія A вже настала [11–12]. Тобто ураховуючи схему причинно-наслідкових зв'язків (рис. 1), приймається, що для розрахунку ймовірності (ризик) травмування від тієї чи іншої події при прояві певної причини травмування може застосовуватися умовна ймовірність. Для розрахунку умовної ймовірності використовується формула Байєса

$$P_{II}(B_j) = \frac{P(B_j) P_{Bj}(\Pi_i)}{P(\Pi_i)} \quad (5)$$

З урахуванням того, що статистична база побудована так, що мають виконуватися умови (3) і (4) одночасно, формула (5) набуває вигляду

$$P_{Pi}(B_j) = \frac{H(B_j)P(i)}{\sum_{i=1}^n H(i)} \quad (6)$$

За формулою (6) виконуються розрахунки матриці ризиків травмування на виробництві. Така матриця має вигляд:

$$R_{ij}^t = \begin{vmatrix} R_{\Pi 1 B 1} & R_{\Pi 2 B 1} & \dots & R_{\Pi 16 B 1} \\ R_{\Pi 1 B 2} & R_{\Pi 2 B 2} & \dots & R_{\Pi 16 B 2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{\Pi 1 B 15} & R_{\Pi 2 B 15} & \dots & R_{\Pi 16 B 15} \end{vmatrix}, \quad (7)$$

де $R_{\Pi 1 B 1}, \dots, R_{\Pi 16 B 15}$ – значення ризиків травмування для бінарних комплексів “причина ризику травмування – вид травматичної події”;

$i = 1, 2, 3, \dots, 16$ – кількість основних причин травмування на виробництві Π_i , що фіксується в чинній на сьогодні класифікації форми обов’язкової статистичної звітності № 7-тнв [10];

$j = 1, 2, 3, \dots, 15$ – кількість основних видів травматичних подій.

Для перевірки результатів, отриманих з використанням формули (7), використано два методи. Перший метод – порівняння розрахованих за формулою (7) матриць ризику з отриманими шляхом безпосереднього заповнення матриць за результатами аналізу актів розслідування нещасних випадків. Другий метод – це метод аналітичного розв’язку системи лінійних рівнянь, отриманих з використанням методу головних компонент та регресійного аналізу.

Суть другого методу полягає в тому, що виконується *компонентний аналіз* масиву статистичної інформації про причини травматизму Π_i .

Використовується така особливість головних компонент, що вони статистично незв’язані між собою, тобто є за визначенням ортогональними. Така особливість дозволяє отримати регресійні залежності між ризиками травмування внаслідок травматичних подій (залежні змінні) та значеннями головних компонент, отриманих у результаті аналізу причин ризику травмування (незалежні змінні)

$$B_{\Pi P} = f(\quad) \quad (8)$$

Обґрунтування застосовності методу головних компонент для аналізу статистики виробничого травматизму. Однією з задач методу головних компонент є пошук підпросторів менших розмірів, у ортогональній проекції на які відхилення даних (середньоквадратичне відхилення від середнього значення) є максимальним. При цьому постає завдання побудови такого ортогонального перетворення координат, у результаті якого кореляції між окремими координатами перетворюються на нуль.

Метод головних компонент базується на задачі найкращої апроксимації скінченної множини точок прямими та площинами. Дано скінчену множину векторів $x_1, x_2, \dots, x_m \in R^n$.

Для кожного $k = 0, 1, \dots, n-1$ серед усіх k -вимірних лінійних підпросторів у R^n необхідно відшукати таке $L_k \subset R^n$, що сума квадратів відхилень x_i від L_k буде мінімальною

$\sum_{i=1}^m dist^2(x_i, L_k) \rightarrow \min$, де $dist(x_i, L_k)$ – евклідова відстань від точки до лінійного підпростору.

Всякий k – вимірний лінійний підпростір в R^n може бути задано як множину лінійних комбінацій $L_k = \{a_0 + \beta_1 a_1 + \dots + \beta_k a_k \mid \beta_i \in R\}$, де параметри β_i пробігають дійсну пряму R , $a_0 \in R^n$ а $\{a_1, \dots, a_k\} \subset R^n$ – ортонормований набір векторів

$dist^2(x_i, L_k) = \left\| x_i - a_0 - \sum_{j=1}^k a_j (a_j, x_i - a_0) \right\|^2$, де $\|\bullet\|$ – евклідова норма; (a_j, x_i) – евклідовий скалярний добуток.

Або, у координатній формі:

$$dist^2(x_i, L_k) = \sum_{l=1}^n \left(x_{il} - a_{0l} - \sum_{j=1}^k a_{jl} \sum_{q=1}^n a_{jq} (x_{iq} - a_{0q}) \right)^2$$

Вирішення задачі апроксимації для $k = 0, 1, \dots, n-1$ дається набором вкладених лінійних підпросторів $L_0 \subset L_1 \subset L_2 \subset \dots \subset L_{n-1}$, $L_k = \{a_0 + \beta_1 a_1 + \dots + \beta_k a_k \mid \beta_i \in R\}$. Ці лінійні підпростори визначаються ортонормованим набором векторів $\{a_1, \dots, a_{n-1}\}$ (векторами головних компонент) і вектором a_0 , який відшукується шляхом вирішення задачі мінімізації для L_0 :

$$a_0 = \arg \min_{a_0 \in R^n} \sum_{i=1}^m dist^2(x_i, L_0)$$

Корисність методу головних компонент при аналізі даних виробничого травматизму ґрунтується на можливості зменшення обсягів аналізу інформації та визначення найбільш суттєвих факторів виробничого травматизму. При цьому вектори головних компонент можуть бути знайдені як рішення однотипних задач оптимізації за наступним алгоритмом:

1. Центрування даних (шляхом віднімання середніх значень): $x_i := x_i - \bar{X}$. Тепер

$$\sum_{i=1}^m x_i = 0$$

2. Відшукання першої головної компоненти, як вирішення задачі:

$$a_1 = \arg \min_{\|a_1\|=1} \left(\sum_{i=1}^m \|x_i - a_1(a_1, x_i)\|^2 \right). \text{ Якщо рішення не єдине, то обираємо одне з них.}$$

3. Обчислюємо з даних проекцію на першу головну компоненту:

$$x_i := x_i - a_1(a_1, x_i).$$

4. Знаходимо другу головну компоненту як вирішення задачі

$$a_2 = \arg \min_{\|a_2\|=1} \left(\sum_{i=1}^m \|x_i - a_2(a_2, x_i)\|^2 \right). \text{ Якщо рішення не єдине, то обираємо одне з них.}$$

2k-1. Знаходимо проекцію на $(k-1)$ -у головну компоненту: $x_i := x_i - a_{k-1}(a_{k-1}, x_i)$,

2k. Знаходимо k – ту головну компоненту як вирішення задачі:

$$a_k = \arg \min_{\|a_k\|=1} \left(\sum_{i=1}^m \|x_i - a_k(a_k, x_i)\|^2 \right). \text{ Якщо рішення не єдине, то обираємо одне з них.}$$

З урахуванням можливостей сучасних засобів моделювання (Mathcad, Matlab, Mathematica, Maple та ін.) зазначений алгоритм для статистичного ряду даних

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \square & \square & \square \\ x_{n1} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}, \text{ де присутні } m \text{ ознак і } n \text{ спостережень можна записати наступним чином:}$$

1. Нормуємо складові векторів (рядків) матриці X шляхом виконання операції

$$z_j = \frac{x_{ji} - \bar{x}_i}{\sigma_{x_i}}, j = 1, \dots, n, i = 1, \dots, m$$

, де σ_{x_i} – середньоквадратичне відхилення випадкової величини X від середнього значення за стовпчиком матриці X . Одержуємо матрицю Z розміром $n \times m$.

2. З матриці Z відшукуємо кореляційну (коваріаційну) матрицю $R = [r_{ij}]_{m \times m}$.

3. Відшукуємо множину власних значень матриці R та упорядковуємо її за зменшенням складових $\lambda_i, i = 1, \dots, m$.

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_m \end{bmatrix}$$

4. Формуємо діагональну матрицю з власних значень матриці R

$$U = \begin{bmatrix} (u_{11}, \dots, u_{1m}) \\ \dots \\ (u_{n1}, \dots, u_{nm}) \end{bmatrix}$$

5. З матриці R формуємо матрицю власних векторів матрицю

6. Відшукуємо вирішення задачі у вигляді матриці $A = U\sqrt{\Lambda}$, де $\sqrt{\Lambda}$ матриця коренів з кожного елемента матриці Λ .

Знайдені вектори $\{a_1, \dots, a_{n-1}\}$ ортонормовані просто у результаті вирішення описаної задачі оптимізації, однак щоб не дати похибкам обчислення порушити взаємну ортогональність векторів головних компонент, можна включити $a_k \perp \{a_1, \dots, a_{k-1}\}$ до умови задачі оптимізації.

Перевагою описаного методу стосовно аналізу статистики травматизму є те, що він може застосовуватись практично завжди, незважаючи на характер розподілу випадкових величин – показників травматизму. Однак, цей метод не завжди ефективно знижує розмірність при заданих обмеженнях на точність. Прямі та площини не завжди забезпечують добру апроксимацію. Наприклад, дані можуть з достатньою точністю описуватись якою-небудь кривою, а сама крива може бути складно розташована у просторі даних. Також у випадку ізотропного розподілу розподіл даних еліпсоїд розсіювання являтиме собою гіперкулю і тому зменшити розсіювання методами апроксимації буде неможливо.

Отже, для забезпечення фільтрації статистичних даних та візуалізації результатів для обробки наявної статистики виробничого травматизму найбільш доцільним є метод головних компонент. Корисність цього методу при аналізі даних виробничого травматизму ґрунтується на можливості зменшення обсягів аналізу інформації та визначення найбільш суттєвих факторів виробничого травматизму. Завдяки основним властивостям методу головних компонент він достатньо успішно може бути використаний для прогнозування значного числа вихідних показників виробничого травматизму за, порівняно малим числом допоміжних (латентних) змінних, що виражають причини цього явища, забезпечуючи при цьому найменшу похибку прогнозу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ильин С.М. Теоретические и методические основы управления профессиональными рисками / С.М. Ильин // Безопасность труда на производстве. – 2014. – № 1. – С. 81-89.

2. Пачурин Г.В. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве / Г.В. Пачурин, Н.И. Щенников, Т.И. Курчагина, А.А. Филиппов // – СПб.: Лань, 2015. – 384 с.

3. Водяник А.О. Ризик загибелі на виробництві: порівняльний аналіз // Проблеми охорони праці в Україні. Зб. наук. праць / А.О. Водяник // – К.: ННДІОП, 2002. – Вип.6. – С. 89–96.
4. Дегтяренко Г.Є. Динаміка травматизму в Україні в умовах змінювання обсягів виробництва / Г.Є. Дегтяренко, А.О. Водяник, В.В. Чуркін, К.Є. Теличко // Проблеми охорони праці в Україні. Зб. наук. праць. – К.: ННДІОП, 2001. – Вип.4. – С.24 – 29.
5. Новікова О.Ф. Оцінка чинного законодавства про охорону праці та напрямки його удосконалення / О.Ф. Новікова, Н.І. Ходачкова, Є.В. Котов // – Донецьк: ІЕП НАН України. – 2010. – 112 с.
6. Основи охорони праці / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та інш. // – К.: Основа, 2011. – 480 с.
7. Лесенко Г.В. Организация безопасности труда на производстве / Г.В. Лесенко // – К.: Техніка, 1989. – 232с.
8. Сердюк В.Р. Зміст та інноваційні методи навчання охорони праці / В.Р. Сердюк, М.П. Олійник // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2005. – № 2. – С.109–116.
9. Водяник А.О. Дослідження впливу профілактичних заходів на ризики травмування на виробництві / А.О. Водяник // Вісник Національного технічного університету України “КПІ”. Серія “Гірництво”: Зб. наук. праць. – К.: НТУУ “КПІ”. – 2004. – Вип. 11. – С. 79 – 87.
10. Кармазіна О.О. Статистичний бюлетень. Травматизм на виробництві у 2014 році / О.О. Кармазіна – К.: Держкомстат України., 2015.
11. Водяник А.О. Аналіз ризиків травмування на виробництві для середньостатистичного підприємства України / Водяник А.О. // Вісник Національного технічного університету України “КПІ”. Серія “Гірництво”: Зб. наук. праць. – К.: НТУУ “КПІ”. – 2006. – Вип. 13. – С. 107 – 114.
12. Гурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В.Е. Гурман // – М.: Высшая школа, 9-е изд., 2004. – 404 с.

Н.Ю. Швагер
д-р техн. наук, проф.

Д.П. Заїкіна
асп.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ, ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ПОЛІПШЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІЯЛЬНОСТІ

Рівень виробничого травматизму і професійної захворюваності є основним показником стану охорони праці в тій чи іншій сфері економічної діяльності, регіоні та в державі у цілому. Незважаючи на щорічну оптимістичну динаміку зниження кількості нещасних випадків, виявлених серед працівників підприємств різного виду економічної діяльності, за даними Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки України і Державної служби статистики України, рівень травматизму на виробництві в Україні залишається високим. Ефективне управління охороною праці можливо лише за умови виявлення наявних ризиків і управління ними. Першим етапом у процесі усунення неприйнятних ризиків або зниження їх до прийняттого рівня є ідентифікація ризиків. Для контролю над ризиками потрібно розробити процедуру ідентифікації та управління операціями та, в окремих випадках, локальні інструкції щодо зниження ризиків. У інструкціях слід описати, як виконувати відповідні види робіт, операцій, переходів. За необхідністю – включати в них робочі критерії. Крім робочих критеріїв, необхідно також підтримувати основні параметри безпеки й постійно ними управляти. Основні параметри безпеки – це параметри, перевищення рівня яких паралізує роботу моделі системи безпеки. Організація повинна розробити й упровадити процедури ідентифікації та управління за всіма істотними ризиками на всіх етапах процедури: під час запуску й зупинки, за нормальних умов роботи, при введенні в дію й обслуговуванні. Ідентифікація та управління ризиками, однозначно більш складний процес, ніж просте дотримання встановлених державних вимог. Тільки за допомогою сучасних методів вивчення ризиків в галузі охорони праці, можливо визначити пріоритети державної соціальної політики, розробити модель управління охороною праці.

Ключові слова: нещасний випадок, професійне захворювання, ризик, гігієна та охорона праці, промислова безпека, нормативно-правова база, безпечні умови праці, система управління охороною праці, ефективність.

Y. Schwager
Dr.Sci. (Tech.), Prof.

P. Zaikina
Postgraduate student

IDENTIFICATION AND RISK MANAGEMENT IN INDUSTRIAL ENTERPRISES AS ONE OF THE METHODS TO IMPROVE THE PERFORMANCE

The level of industrial injuries and occupational diseases is the main indicator of the occupational safety in any area of economic activity, region and state as a whole. Despite of the optimistic annual dynamics of reducing the number of accidents identified among the employees of enterprises of all economic activity, according to the State Service of Mining Supervision and

Industrial Safety of Ukraine and the State Statistics Service of Ukraine, the injury rate in manufacturing in Ukraine remains high. Effective occupational health and safety management is only possible if identify of the existing risks and their management. The first step in the elimination of the unacceptable risks or reduce them to acceptable levels is to identify risks. To control the risks necessary to develop a process to identify and control operations and, in some cases, local instructions to reduce of the risk. In the instructions should describe how to implement the relevant types of work, operations, transitions. If necessary - include working criteria in them. Besides, the working criteria must also maintain the basic parameters of safety and continuously manage them. Basic security options - are the parameters which paralyzes to exceed the level of working model of security. The organization should to develop and implement procedures to identify and manage all significant risks at all stages of the procedure: when starting and stop, in normal operation, the commissioning and service. Identifying and managing risks definitely more complex process than simply compliance with established state requirements. Only the help of modern methods to study of the risks in field of occupational health and safety might define priorities government social policy to develop a model occupational health and safety management.

Keywords: *accident, occupational disease, risk, occupational health and safety, industrial safety, regulatory and legal framework, safe working conditions, occupational health and safety management system, efficiency.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Рівень виробничого травматизму і професійної захворюваності є основним показником стану охорони праці в тій чи іншій сфері економічної діяльності, регіоні та в державі у цілому. Незважаючи на щорічну оптимістичну динаміку зниження кількості нещасних випадків, виявлених серед працівників підприємств різного виду економічної діяльності, за даними Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки України і Державної служби статистики України, рівень травматизму на виробництві в Україні залишається високим.

Це пояснюється наявністю причин настання нещасних випадків на виробництві, які істотно впливають на вірогідність ризику травмування або загибелі при цьому працівників, а саме організаційні, технічні та психофізіологічні причини. Серед організаційних причин найбільше травмування працівників траплялося при порушенні ними трудової і виробничої дисципліни, роль якої в останні три роки постійно зростала.

Через технічні причини настання нещасних випадків на виробництві у 2009 р. травмувалося 12,9% працівників, 2010 - 14,1%, 2011 - 12,6%, 2012 - 11,8%, у 2013 р. - 12,6%, у середньому - 12,8%. Так, найбільше травмується працівники через незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, засобів виробництва, виробничого обладнання та транспортних засобів підприємств, установ і організацій.

Психофізіологічні причини призвели до травмування 3,4% працівників у 2009 р.; 3,2% - у 2010, 3,3% - в 2011, 8,1% - у 2012 та 10,5% - у 2013 р., у середньому - 5,7%.

Зазначені матеріали про основні причини настання нещасних випадків, пов'язаних із виробництвом, підкреслюють нагальну необхідність урахування особливостей травмування і загибелі працівників, що потрібно обов'язково враховувати під час розроблення та здійснення заходів та засобів щодо поліпшення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища

Ефективне управління охороною праці можливо лише за умови виявлення наявних ризиків і управління ними. Першим етапом у процесі усунення неприйнятних ризиків або зниження їх до прийняттого рівня є ідентифікація ризиків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд існуючих трактувань сутності ризику дозволяє розділити їх на два основних напрями. Перший представлений визначеннями і підходами, в яких основний акцент зроблений на можливість несприятливих наслідків реалізації ризику або, навпаки, можливий позитивний ефект. Такі трактування можна назвати економічними і з часткою умовності розділити на «негативні» і «позитивні». Розуміння ризику

в основному як небезпеки, загрози, формує одну з базових концепцій управління ризиками, в рамках якої розглядається реалізація небезпек природного, техногенного, соціального та іншого характеру, а управління ризиками включає способи зменшення ймовірності негативних подій або їх наслідків. Другий напрям заснований, перш за все, на розкритті взаємозв'язку ризику з поняттями невизначеності, випадкових подій, частоти і ймовірності. Ризик визначається як подія, що може відбутися в умовах невизначеності з деякою ймовірністю і тягне за собою різні за характером результати.

Таким чином, ситуація ризику - це різновид невизначеності, коли настання подій ймовірне і може бути визначене. В цьому випадку існує об'єктивна можливість оцінити ймовірність подій, що виникають в результаті спільної діяльності партнерів, конкурентів, впливу природного середовища, розвитку економіки, впровадження досягнень науки в життя тощо.

Нова концепція забезпечення безпечних і здорових умов праці набуває міцного фундаменту, основою якого є такі критерії, як системність, комплексність, превентивність, гнучкість і співробітництво. Однак, незважаючи на значний обсяг досліджень і розробок вчених (А. П. Альгин, Дж. М. Кейнс, А. Маршалл, О. Моргенштейн, Ф. Найт, Дж. Нейман, Б. А. Райзберг, В. В. Черкасов), нова концепція охорони праці ще не має остаточного формулювання і продовжує розвиватися як в напрямку вивчення методів оцінки ризиків, так і в напрямку вибору найбільш оптимальних з них в умовах гірничих підприємств.

Постановка завдання. Метою даної статті є розгляд основних підходів до удосконалення організації охорони праці на українських промислових підприємствах за рахунок методів ідентифікації та управління виробничими ризиками. [1].

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Ризик – відносно нове для нашої країни, але широковживане у світі поняття, яке дає можливість кількісно оцінити міру небезпеки (міру безпеки) у кожному конкретному випадку. У широкому розумінні слова ризик – це можливість виникнення обставин, що зумовлюють неоднозначність або неможливість одержання результатів. Розуміння ризику як невизначеності спирається на такі масштабні досягнення наукової думки як теорія ймовірностей Б. Паскаля та П. Ферма, процедури і методи статистики, обґрунтовані Я. Бернуллі, А. Муавром, Ф.Галтоном, і разом з цим, вносить основний внесок у наукові праці в області управління Р. Марковіца, Р. Модільяні, Н. Блейка і М. Шолса.

На рис. 1 представлено основні небезпечні фактори, які впливають на ступінь професійного ризику виробництва. З наведеної схеми випливає, що ризик виникнення небезпеки залежить як від наявності засобів колективного захисту, так і від застосування організаційних заходів, пов'язаних з діями персоналу [5]. У вузькому розумінні наукової думки та практики – це оцінка або ймовірність (безрозмірна величина від 0 до 1) виникнення негативних подій (впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників), які призводять до збитків або втрат вигоди.

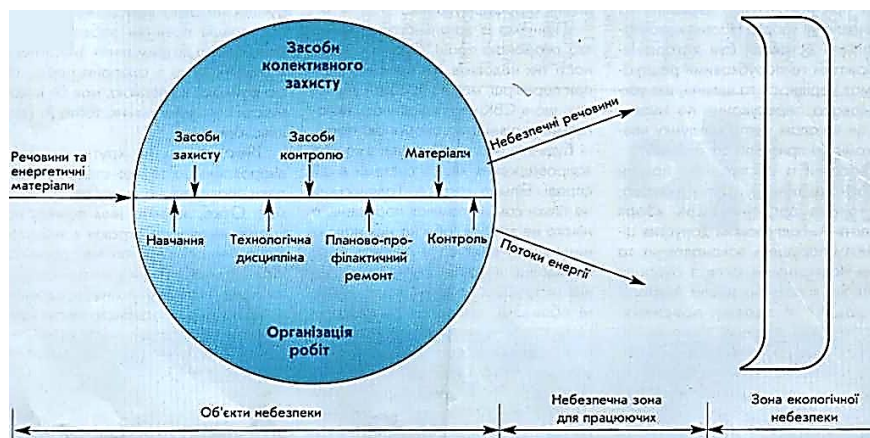


Рис.1. Схема виникнення небезпеки на об'єктах

Під визначенням ризиків розуміють не лише ретельне вивчення всіх існуючих на підприємстві факторів, які можуть завдати шкоди працівниками або стороннім людям, але й можливість установити, чи вжито всі запобіжні заходи або необхідно здійснити додаткові кроки для запобігання небезпеки. Згідно з вимогами ст. 6 Закону України «Про охорону праці», працівники мають право на охорону праці під час роботи. А в ст. 13 Закону: «Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці» [1].

Для контролю над ризиками потрібно розробити процедуру ідентифікації та управління операціями та, в окремих випадках, локальні інструкції щодо зниження ризиків. У інструкціях слід описати, як виконувати відповідні види робіт, операцій, переходів. За необхідністю – включати в них робочі критерії, наприклад припустимі рівні шуму, вібрації та ГДК. Процедури, крім того, повинні зазначати, які дії слід вчинити в разі перевищення таких критеріїв. Важливо розробляти систему з урахуванням офіційно встановлених вимог (відповідно офіційно встановленим нормам – вимоги п. 4.3.3 стандарту OHSAS), тому робочі критерії (їх числові значення) рекомендується встановлювати трохи нижче офіційно допустимих рівнів. У цьому разі, якщо виникає перевищення допустимого рівня, на підприємстві залишиться можливість виконати дії щодо підтримки офіційно встановленої відповідності. Якщо робочі критерії збігаються з офіційно встановленими, підприємство порушить офіційно встановлену відповідність ще до початку будь-яких дій.

Крім робочих критеріїв, необхідно також підтримувати основні параметри безпеки й постійно ними управляти. Основні параметри безпеки – це параметри, перевищення рівня яких паралізує роботу моделі системи безпеки.

Організація повинна розробити й упровадити процедури ідентифікації та управління за всіма істотними ризиками на всіх етапах процедури: під час запуску й зупинку, за нормальних умов роботи, при введенні в дію й обслуговуванні. При цьому особлива увага приділяється нестандартним діям і передачі за змінами. OHSAS 18001 не зазначає конкретно, які етапи процесів підлягають розгляду, проте передбачається, що аналіз ризику, виконаний підприємством, включатиме всі необхідні робочі стани. А це, у свою чергу, знайде відображення в обсязі вжитих заходів щодо управління операціями. Слід зазначити, що хоча в процесі обслуговування (експлуатації) можуть виникнути істотні ризики, обслуговування само собою є формою управління й процедури управління мають містити посилання на перевірку обслуговування [2].

Впровадження системи управління охороною праці відповідно до вимог OHSAS на підприємстві надає йому можливість контролювати ризики і поліпшити свою діяльність. Тобто реалізація програми по впровадженню стандарту OHSAS відкриє нові можливості для підприємств в рамках управління охороною праці на виробництві. Серед основних переваг можна виділити:

- зниження випадків травматизму, професійних захворювань та смертельних випадків;
- зменшення фінансових витрат, включаючи оплату лікарняних або страховки за станом непрацездатності працівників;
- поліпшення привабливості та іміджу підприємства за рахунок низьких показників травматизму;
- покращення інвестиційної привабливості компаній.

Для більшої ефективності підприємство повинно також урахувати види здійснюваної раніше діяльності, які, можливо, призвели до виникнення небезпек, що потребують управління в даний момент (наприклад, застосування на об'єкті небезпечних матеріалів, таких як азбест, могло стати причиною виникнення небезпеки, наслідки якої необхідно контролювати сьогодні).

Підприємства можуть ідентифікувати ризики, вивчаючи архівні документи, схеми процесів, попередні оцінки ризиків, а також консультуючись із менеджерами відповідних підрозділів і робітниками.

Необхідно переконатися, що ця частина процедури повністю документована й містить опис процедури ідентифікації. Крім того, слід перевірити наявність записів, що свідчать про те, які ризики пов'язані з тим чи іншим видом діяльності. Потрібно визначити актуальність ідентифікації ризиків (при зміні видів діяльності, продукції або послуг можуть виникати інші види ризиків).

Як правило, на підприємствах процес ідентифікації ризиків не документований належним чином, і низка ризиків залишається непоміченими. Тому, доцільно проводити аналіз існуючих заходів з менеджменту професійної безпеки і здоров'я [4].

Ідентифікація та управління ризиками, однозначно більш складний процес, ніж просте дотримання встановлених державних вимог. Тільки за допомогою сучасних методів вивчення ризиків в галузі охорони праці, можливо визначити пріоритети державної соціальної політики, розробити модель управління охороною праці [1].

Так, світова практика демонструє в останнє десятиліття активний розвиток процесів стандартизації в області ідентифікації та управління ризиками як на національному, так і міжнародному рівнях. Підтвердженням тому - національні стандарти Австралії та Нової Зеландії, Японії, Великобританії, Канади, ПАР і багатьох інших країн, також стандарт Федерації європейських асоціацій ризик - менеджерів (FERMA), стандарт, розроблений Комітетом спонсорських організацій комісії Тредвея (COSO, США), численні вимоги регуляторів до побудови та вдосконалення процесу управління ризиками, нарешті, новітня група міжнародних стандартів з управління ризиками ISO 31000. Стандарти управління ризиками визначають основні елементи, функціональні етапи і процеси управління ризиками, формують напрямку досягнення цілей і рішення задач системою управління ризиками, яка повинна сприяти підвищенню ефективності в досягненні цілей і завдань і є підсистемою управління підприємства, які тісно взаємопов'язані з іншими підсистемами.

У таблиці 1 надано порівняння законодавчих вимог до аналізу небезпечних ситуацій з точки зору ідентифікації та управління ризиків в галузі охорони праці.

Таблиця 1. - Порівняння вимог до аналізу небезпечних ситуацій

Країна	Європейський Союз	Республіка	Україна
Законодавчий документ	Директива № 89/391 / ЄС щодо впровадження заходів, які сприяють поліпшенню безпеки та гігієни праці працівників на виробництві (Люксембург. 12 червня 1989 г.)	Ст. 13 Закону «Про охорону праці» від 22.06.2008 te 356-3	Ст. 13 Закону «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2695-ХП
Наявність вимоги щодо оцінки ризиків	Є	Є	Немає
Вимоги до роботодавця Вимоги до роботодавця	1. Роботодавець повинен імплементувати заходи на основі наступних загальних принципів запобігання: а) уникнення ризиків; б) оцінка ризиків, яких не можна уникнути; в) боротьба з джерелами ризиків;	«Роботодавець, який надає роботу громадянам за трудовими договорами (далі - наймач), також зобов'язаний: ...	«...Роботодавець ... забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних

<p>Вимоги до роботодавця Вимоги до роботодавця</p>	<p>2. Без шкоди для інших положень цієї Директиви роботодавець повинен, беручи до уваги характер роботи підприємства і / або установи: а) оцінити ризики для безпеки і здоров'я працівників, при виборі виробничого обладнання, які використовуються хімічних речовин і препаратів, а також при оснащенні робочих місць. Робочі і виробничі методи повинні: - Забезпечувати рівень захисту, що надається працівникам, з точки зору безпеки та гігієни праці; - Інтегруватися із загальною діяльністю підприємства і / або установи, а також на всіх рівнях ієрархії.</p>	<p>забезпечують ідентифікацію небезпек, оцінку професійних ризиків, підготовку і реалізацію заходів щодо зниження професійних ризиків, аналіз їх ефективності »</p>	<p>здійснення профілактичних заходів, які визначені комісіями за підсумками розслідування цих причин ...»</p>
--	--	---	---

З таблиці, слідує, що на сьогодні Україна не має ДСТУ серії ІСУ 31000 [3, 6, 7].

Висновок та напрямок подальших досліджень. Для того щоб впроваджені стандарти приносили дійсну користь, а не були черговий позитивної папірцем у послужному списку організації, необхідно залучення всіх співробітників в роботу над безпекою виробництва. Тільки двосторонній підхід до проблеми безпеки та охорони праці, як з боку керівників, так і з боку персоналу, здатний призвести до появи безпечних робочих місць, підвищенню культури виробництва, зниження рівня ризиків для здоров'я співробітників і скорочення загальної кількості нещасних випадків на підприємстві.

Перехід на оцінку потенційної небезпеки виробництв за показниками ризику і розробка на цій основі запобіжних заходів є основним завданням управління безпекою праці. Коли успішно працюючі підприємства прагнуть управляти окремими ризиками, майбутній успіх буде належати тим з них, які піднімають управління ризиками на наступний рівень, тобто тим, хто впроваджує метод управління ризиками всього підприємства. Маючи повну і системну інформацію про ключові ризики виробництва, ризик-менеджери зможуть розробляти плани і програми управління ризиками із застосуванням координованих, комплексних і досить складних методів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Охорона праці і пожежна безпека» : Виробн. - прак. журнал. К.: Вид. дім «МЕДІА-ПРО», – 2014. – № 2. – с. 21-23.
2. «Охорона праці і пожежна безпека» : Виробн. - прак. журнал. К.: Вид. дім «МЕДІА-ПРО», – 2014. – № 12. – с. 16-17.
3. «Охорона праці і пожежна безпека» : Виробн. - прак. журнал. К.: Вид. дім «МЕДІА-ПРО», – 2013. – № 9. – с. 30-47.
4. «Охорона праці і пожежна безпека» : Виробн. - прак. журнал. К.: Вид. дім «МЕДІА-ПРО», – 2014. – № 10. – с. 24-29.
5. «Охорона праці і пожежна безпека» : Виробн. - прак. журнал. К.: Вид. дім «МЕДІА-ПРО», – 2003. – № 4. – с. 36-38.
6. Муртонен М. Оценка рисков на рабочем месте – практическое пособие / М. Муртонен // технический исследовательский центр Финляндии, 2007. – 66 с.
7. Разработка и реализация первоочередных мер по снижению критических рисков травмирования в основных подразделениях ОАО «Высокогорский ГОК» / Лагутин К.И., Напольских С.А., Кузнецов А.В. и др. // Библиотека горного инженера-руководителя. – М.: Горная книга, Вып.11. – 2011. – 48 с.

УДК 378.4

О.С. Дацько
канд. техн. наук, доцент

Н.М. Параняк
канд. техн. наук

А.С. Романів
канд. техн. наук, доцент

МАЙБУТНЄ ДИСЦИПЛІНИ «ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ» ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РЕФОРМИ ОСВІТИ НА ПРИКЛАДІ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

У статті висвітлені питання актуальності викладання дисципліни «Цивільний захист» у вищих навчальних закладах України. Відзначені позитивні аспекти вивчення даної дисципліни та розглядаються проблеми, з якими стикаються викладачі, на прикладі Національного університету «Львівська політехніка». На жаль, запровадження реформи освіти звелось до об'єднання несумісних курсів або ліквідації дисципліни. Аналізуються знання з безпеки майбутніх фахівців.

Ключові слова: *Безпека, освіта, Цивільний захист, Охорона праці, Безпека життєдіяльності, професійна компетентність.*

FUTURE OF CIVIL DEFENCE DISCIPLINE AFTER EDUCATION REFORM ON EXAMPLE OF LVIV POLYTECHNIC NATIONAL UNIVERSITY

The article highlights the relevance of teaching Civil Defence discipline in institutes of higher education in Ukraine. The positive aspects of study of this discipline are mentioned and problems which are being faced by the teachers are discussed on the example of Lviv National Polytechnic University. Unfortunately, the implementation of education reform has resulted in unification of incompatible disciplines or liquidation of the course in question. The article analyses future specialists' knowledge of safety measures.

Key words: *Security, Education, Civil Defences course, Occupational Safetes course, Safety Fundamentals course, Professional Competence.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сучасному етапі наслідки надзвичайних ситуацій техногенно-природного характеру становлять серйозну загрозу безпеці людини, суспільству, а також стабільності розвитку економіки держави. Нинішня цивілізація досить стрімко розвивається, так що людству не уникнути техногенних аварій, стихійних лих, екстремальних ситуацій, внаслідок яких гинуть люди, знищуються матеріальні і культурні цінності, а економіці завдаються збитки серйозних масштабів. Все це призводить до порушення виробничих процесів, погіршення стану довкілля й умов життєдіяльності населення.

В даний час у промисловості, сільському господарстві і побуті використовуються мільйони тонн токсичних речовин, у тому числі 500 речовин, що відносяться до групи небезпечних хімічних речовин (НХР) – найбільш токсичних для людини. Крім того, щорічно у світі спалюють до 10 млрд. тонн палива, що приводить до надходження в атмосферу, ґрунт, воду рік, а потім і в організм людини, понад 100 млн. тонн оксидів азоту та до 700 різноманітних інших речовин. Внаслідок такого хімічного впливу на зовнішнє середовище

створилася винятково несприятлива екологічна ситуація у світі та в нашій країні. Викид НХР в атмосферу може виникнути при аваріях на хімічних підприємствах і підприємствах, далеких від хімічної технології – пивзаводах, м'ясокомбінатах, водогінній мережі, при перевезенні отруйних речовин на автотранспорті чи залізницею. Так, 16 липня 2007 року на перегоні Ожидів-Красне на Львівщині з рейок зішли і перекинулися 15 вагонів з жовтим фосфором. Через витік фосфору відбулося самозаймання шести цистерн. Отруйну пожежу намагалися загасити кілька днів, а цистерни прибирали ще два тижні. 6 серпня 2013 року на заводі "Концерн Стирол", який розташований в місті Горлівка Донецької області, виникла аварія, внаслідок якої відбувся викид аміаку в повітря. У результаті аварії загинуло 6 та постраждало 26 осіб.

Часто аварії чи катастрофи виникають не внаслідок нездоланих природних сил, а внаслідок безвідповідального відношення до правил безпеки, недотримання технічних норм, а деколи від незнання і неосвіченості. Наприклад, 8 червня 2015 року на нафтобазі у Васильківському районі Київської області спалахнула наймасштабніша пожежа в Україні, що тривала 8 днів. На базі загорілися 17 резервуарів із палимим ємністю 900 кубометрів кожен, які до того ж вибухнули. Причиною тяжких наслідків стало недотримання норм будівництва вибухонебезпечного об'єкта (були недостатні відстані між резервуарами, не зроблене обвалування), порушення правил безпеки на вибухонебезпечному підприємстві та технологічного процесу, невідповідність вимогам технічного стану устаткування нафтобазі. А пожежі, які щорічно виникають від спалювання трави при дорогах чи в степу, або від не загашених багать у лісі? 26 квітня 2015 року пожежа охопила 400 га лісу недалеко від могильників з радіовідходами у Чорнобильській зоні відчуження і замалим не дісталась до самої АЕС.

Значні аварії і катастрофи, які потрясли нашу країну і весь світ останніми десятиліттями, відбуваються з загрозливою періодичністю, щоби ще і ще раз нагадати нам про проблеми, які ми не повинні ігнорувати. Це, перш за все, радіаційні аварії на Чорнобильській АЕС (1986 року) та Фокусімській АЕС (2011 року), 30-у і 5-у річниці яких ми цього року відзначаємо.

Одним із напрямків вирішення проблеми є навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях та формування високої внутрішньої культури, яка визначається рівнем освіти з питань цивільної безпеки та захисту населення, оскільки рівень безпеки суспільства значною мірою залежить саме від якості освіти в даній сфері. Тому необхідно звернути першочергову увагу на дисципліни, спрямовані на вирішення зазначених задач – «Безпека життєдіяльності», «Екологія», «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі», «Цивільний захист» ("Цивільна оборона»), які викладаються сьогодні у вищих навчальних закладах України. Проте викладання цих дисциплін відбувається з кожним роком дедалі неналежним чином. Оскільки останнім часом чітко прослідковується тенденція до значного скорочення часу на викладання «Цивільного захисту», а також його об'єднання в єдиний курс із курсами «Безпеки життєдіяльності» і «Охорони праці» та із відповідним скороченням навчального навантаження. Уже в недалекому майбутньому, як результат, фахівці з ВНЗ будуть виходити без відповідних знань та навичок цивільного захисту. Така ситуація є прямою загрозою для національної безпеки України, оскільки рівень безпеки суспільства в значній мірі залежить від якості викладання зазначеної дисципліни.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблеми захисту населення від загроз природного, техногенного та соціального характеру цікавили людство ще з незапам'ятних часів. Наприкінці XV століття виникла пожежна служба. Розвиток мореплавства обумовив створення системи маяків. Розвиток промисловості дав поштовх створенню підрозділів відповідних рятувальників, наприклад, для гірничої справи – гірничих рятувальників. Кожен із цих напрямків рятувальних робіт разом із зростанням небезпеки, набував свого розвитку і потребував розроблення відповідних нормативно-правових актів. Перша і друга світові війни орієнтували розвиток цивільної оборони на вирішення завдань воєнного часу. Після застосування ядерної бомби, у 60-70 роках XX століття було багато зроблено для забезпечення готовності держави на випадок

виникнення ядерної війни, що об'єктивно сприяло однобокому розвитку служби захисту. Аварія на Чорнобильській АЕС підтвердила, що цивільна оборона не готова до вирішення завдань захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. Тому, схваливши у 1992 року Концепцію цивільної оборони, Україна задекларувала, що вирішення питань щодо запобігань надзвичайних ситуацій можливе лише за умови проведення цілеспрямованої державної політики в цьому напрямку. Це було підтверджено у Кодексі цивільного захисту України, прийнятому 2 жовтня 2012 року. Серед основних завдань єдиної державної системи цивільного захисту є навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації (Стаття 3.3. [1]).

Формування безпекових знань у процесі навчання та підготовки до професійної діяльності нерозривно пов'язане з стандартами освіти, які закладаються у Міністерстві освіти та науки України. Реформа освіти, розпочата у 2014 році, докорінно змінює застарілі підходи до організації навчання, часто відкидаючи напрацьований роками досвід.

Провідні вітчизняні науковці неодноразово висвітлювали низку актуальних питань, що стосувалися вдосконалення освітньої програми. Серед первинних завдань є потреба розвивати у майбутніх фахівців культуру безпеки задля усвідомлення ними необхідності стати частиною системи безпечного життєвого середовища, вироблення поведінкових навичок, які б запобігали створенню загроз [2–3].

О. І. Запорожець, А. В. Русаловський, В. М. Заплатинський, Б. Д. Халмурадов, О. В. Бикова, С. І. Осипенко, С. А. Єременко, В. В. Бегун та інші у своїх роботах широко розкривають тему викладання курсу «Цивільний захист» у вищих навчальних закладах. Досліджується проблема державного регулювання у сфері викладання даного предмету, розглянуто причини і шляхи подолання ситуації, яка склалася [4–6].

Науково-педагогічна спільнота з безпекових дисциплін для обміну набутим досвідом об'єдналася у Науково-методичну комісію з цивільної безпеки МОНУ і щорічно на конференціях БЖДЛ та інших вирішує проблеми організації освітнього процесу з питань безпеки життєдіяльності, цивільного захисту та охорони праці [7–10].

Метою статті є аналіз майбутнього дисципліни «Цивільний захист» після проведення відповідних реформ на прикладі НУ «Львівська політехніка».

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На сьогоднішній день існує ряд законів та положень, що регламентують порядок планування та викладання дисциплін, пов'язаних з безпекою, які є головними нормативними документами. З цих документів випливає, що кількість годин, передбачених для вивчення нормативної навчальної дисципліни, не може зменшуватися при розробці та перегляді освітньо-професійних програм без погодження з Держгірпромнаглядом (від 30 вересня 2015 р. Держпраці), з ДСНС та Міністерством освіти і науки України. Крім того, дипломні проекти і роботи випускників вищих навчальних закладів освіти обов'язково повинні містити розділи з питань цивільного захисту та безпеки праці.

Останнім часом у структурах деяких освітньо-професійних програм стала виявлятися тенденція до об'єднання дисциплін: «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці» та «Цивільний захист» зі скороченням навчального навантаження.

Послідовність викладання даних дисциплін повинна бути наступною, відповідно до наказу Міносвіти України № 420 від 02.12.98 р., предмет «Безпека життєдіяльності» доцільно вчити на 1-2 курсі, але освоєння на цьому курсі питань «Цивільного захисту» не є своєчасним, оскільки цей матеріал важко сприймається студентами, які ще не в повному обсязі засвоїли основні дисципліни своєї майбутньої професії. Тому дисципліни «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці» та «Цивільний захист» повинні викладатися студентам почергово за семестрами. У контексті з методикою викладання та міжпредметними зв'язками, найбільш правильно почати з курсу «Безпека життєдіяльності» на третьому курсі у п'ятому або шостому семестрі. В наступному семестрі доречно ввести наступний курс «Основи охорони праці», а курс «Цивільний захист» – вже майбутнім магістрам.

Відповідно до нормативних документів курс «Цивільний захист» повинен зберігати свою самостійність за будь-якої організаційної структури вищого навчального закладу та викладатися студентам освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст», «магістр».

Необхідність і актуальність введення в навчальні програми нормативної дисципліни «Цивільний захист» можна пояснити наступним чином: нинішні студенти в майбутньому – потенційні керівники підприємств, організацій та інших об'єктів, а значить – майбутні начальники цивільного захисту. Незалежно від профілю спеціальності вони повинні бути підготовлені до того, щоб організувати вирішення завдань цивільного захисту у випадку виникнення надзвичайних ситуацій місцевого й об'єктового рівнів і, звичайно ж, мати вичерпні знання з превентивних заходів надзвичайних ситуацій, екстремальних подій, нещасних випадків тощо.

Досвід викладання дисципліни «Цивільний захист» у Національному університеті «Львівська політехніка» показав, що знання про загрозові чинники надзвичайних ситуацій (НС) і захист від них потрібно знати студентам будь-яких спеціальностей. Тому викладачами відпрацьовані методики засвоєння необхідного матеріалу про основні НС (прогнозування заходів захисту при аваріях на АЕС чи хімічно-небезпечному об'єкті, оцінка стійкості інженерно-технічного комплексу на вибухонебезпечних об'єктах) на прикладах при виконанні розрахунково-графічних робіт. Студент повинен не тільки розрахувати зони ураження, але запропонувати заходи захисту для населення і персоналу. Ці знання закріплювалися у дипломному проектуванні, де, відповідно до теми диплому, випускник розраховував стійкість свого об'єкту дослідження (конструкції, механізму, технології) до дії надзвичайної ситуації, яка могла б виникнути на даному об'єкті чи території. Так, наприклад, студенти Інституту економіки і менеджменту при розрахунку ураження від аварії на хімічно-небезпечному об'єкті повинні були визначити людські та економічні втрати та запропонувати заходи їх зменшення. При порівнянні затрат на превентивні заходи і затрат на ліквідацію наслідків НС студент бачив економічну перевагу перших. Це дозволяло виховувати культуру безпеки у майбутніх економістів і менеджерів. Проте з наступного 2016/17 н. р. у навчальних планах магістрів цього інституту відсутня дисципліна «Цивільний захист», як і «Охорона праці у галузі». Такі «фахівці» будуть вважати недоречним виділення коштів на превентивні заходи цивільного захисту, на дотримання правил технічної безпеки і, як наслідок, можливе неодноразове повторення таких аварій як пожежа на нафтобазі у Васильківському районі.

Техногенні аварії і катастрофи становлять ліву частку від всіх надзвичайних ситуацій, а їх причинами часто є некомпетентність інженерного персоналу при проектуванні і експлуатації технічних систем. Виховати майбутніх інженерів, які б поважали норми і правила організації безпечної праці, дотримувалися стандартів проектування безпечних установок, механізмів, конструкцій, вміли б розраховувати ризики і впроваджували заходи їх зменшення та, найпростіше, знали б про них – першочергова задача технічного ВНЗ. Проте з відміною спільного наказу МОНУ, МНС та Держгірпромнагляду «Про організацію та вдосконалення навчання з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту у вищих навчальних закладах України» № 969/922/216 від 21 жовтня 2010 р. склалася ситуація, коли з дипломних проектів магістрів (а на сьогоднішній день тільки таких буде випускати ВНЗ IV ступеня акредитації) видалено розділ «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» або, як практикувалося у «Львівській політехніці», – розділ «Цивільна і виробнича безпека». У цьому розділі дипломники, відповідно до спеціальності, розробляли заходи щодо безпечної праці та аналізували ризики, які б могли впливати на безпечну експлуатацію об'єкту. Наприклад, для випускників архітектурно-будівельного та геодезичного напрямів навчання при загальній характеристиці об'єкта потрібно було ідентифікувати внутрішні загрози та визначити зовнішні природні та техногенні небезпеки конкретного місця проектування. Серед них дати характеристику геологічних умов, ймовірності виникнення стихійного лиха та ступінь його інтенсивності, наявності поблизу об'єкта джерел техногенної небезпеки: АЕС, нафто- чи газопроводів, складів і баз НХР чи інших хімічно небезпечних об'єктів, залізничних станцій і транспортних магістралей, мостів, дамб, АЗС та інших пожежо- і вибухонебезпечних об'єктів, тощо. Запланувати заходи цивільного захисту з забезпечення стійкості об'єкту в НС, а саме передбачити інженерно-технічні заходи з запобігання і обмеження поширення

небезпечних процесів на проектованому об'єкті і прилеглий території та організаційні заходи проведення рятувальних і невідкладних робіт.

Майбутні спеціалісти-хіміки у розділі «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» окрім ідентифікації джерел виділення шкідливих речовин у виробничому приміщенні та їх характеристики повинні порівняти фактичний вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони з допустимими концентраціями, а також проаналізувати вплив небезпечних чинників зовнішнього середовища, оскільки частина технологічного процесу, наприклад, при транспортуванні продукції, може розташовуватися поза приміщенням. Випускники повинні запропонувати проектні рішення щодо захисту ємностей і комунікацій від руйнування повітряною ударною хвилею, створення сприятливих умов для проведення рятувальних робіт та провести превентивні заходи з виявлення та усунення причин аварій, максимального зниження можливих руйнувань та втрат під час аварії.

Майбутні інженери-механіки, які конструюють новий або вдосконалюють існуючий механізм, у розділі «Цивільна і виробнича безпека» крім створення безпечних умов праці повинні визначити найслабші місця проектованого вузла механічної системи чи технологічного процесу, які можуть спричинити зупинку виробництва, поломку, аварію чи надзвичайну ситуацію, скласти «дерево подій» («дерево відмов») від цієї найслабшої ланки і спрогнозувати можливий розвиток подій з розрахунком завданої шкоди працівникам і виробництву та зробити висновок про безпечність експлуатації проектованого обладнання, машини, механізму, вузла, пристрою, тощо.

Для інших спеціальностей, які випускають фахівців у Національному університеті «Львівська політехніка» розділ «Цивільна і виробнича (професійна) безпека» у дипломному проектуванні, як і дисципліна «Цивільний захист» в цілому, є не менш важливими. Майбутні програмісти чи інші спеціалісти інформаційно-комунікаційної галузі мають вміти захищати свої системи від кіберзлочинності, хакерських атак, інформаційних воєн у соціальних мережах. Фахівці гуманітарних спеціальностей таких як соціологія, психологія повинні вміти керувати людьми у натовпі, передбачати можливі соціальні небезпеки, надавати фахову психологічну допомогу при виникненні надзвичайних ситуацій, володіти методиками корекції власного психологічного стану, а також виводити учасників психотравмуючих ситуацій з посттравматичного стресового розладу. Майбутні педагоги мають навчити своїх учнів безпечному існуванню в суспільстві, адаптації до різних ситуацій, а при надзвичайних подіях приймати відповідні рішення щодо збереження свого життя і здоров'я.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Враховуючи нові суспільно-політичні реалії, збільшення кількості викликів та загроз, зрештою, зміни кордонів нашої держави, питання виконання превентивних заходів безпеки, підготовки до дій у надзвичайних ситуаціях набуває особливої актуальності.

Цивільний захист, як навчальна дисципліна, повинен особливу увагу приділяти методам навчання, що відповідають сучасному рівню розвитку науки та забезпечують загальні передумови наукового пізнання світу.

Процес навчання не повинен бути автоматичним викладанням навчального матеріалу. Для забезпечення продуктивної праці викладача та студента необхідно використовувати різні форми, прийоми та методи навчальної діяльності. Варто використовувати інноваційну методіку навчання, яка передбачає не тільки доведення змісту предмета (тобто його мети і завдань), але і має на меті активізувати організацію навчального процесу і пізнавальну діяльність студентів. У навчальний процес необхідно вводити елементи моделювання можливих надзвичайних ситуацій, прогнозування їх наслідків, вирішення ситуаційних завдань, розроблення планів ліквідації і локалізації аварійних ситуацій, а також практичного навчання студентів способам захисту, тренування у виконанні прийомів і практичних дій в умовах можливих надзвичайних ситуацій.

Отже, викладачі у ВНЗ викладаючи дисципліну ЦЗ повинні створити умови для формування особистості спеціаліста, який повинен володіти сукупністю загальнокультурних і професійних компетенцій із питань цивільного захисту.

Таким чином, перебудова вітчизняної вищої школи на шляху її входження до єдиного Європейського та Світового освітнього простору вимагає розвитку навчальної дисципліни "Цивільний захист" як удосконаленої на сучасному науковому рівні дисципліни "Цивільна оборона", набуття нею атрибутів соціально-орієнтованої навчальної дисципліни, що органічно поєднувала б теоретичні знання та практичні вміння студентів.

Такі зміни сприятимуть зміцненню, удосконаленню і розвитку Цивільного захисту України, адже, як свідчить вітчизняний і зарубіжний досвід, вміння розробляти необхідні заходи щодо попередження надзвичайних ситуацій, кваліфіковані дії щодо їх локалізації і ліквідації наслідків разом з іншими діями по захисту населення є надійною запорукою безпеки як окремих об'єктів, так і економіки держави загалом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст. 458.
2. Запорожець О.І. Криза освіти і культура безпеки життєдіяльності людини. // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика: Матеріали ІХ міжнародної науково-методичної конференції. – Львів: ЛНУ, 2010. – С. 24–28.
3. Бегун В.В. Культура безпеки як шлях до євроінтеграції України / В.В. Бегун, С.І. Осипенко // Безпека життєдіяльності. – № 4. – 2009. – С. 7.
4. Заплатинський В.М. Створення ефективної системи освіти з питань безпеки в надзвичайних ситуаціях // Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури. Праці міжнародної науково-практичної конференції 20-21 квітня 2015. – Київ: УНДЦЗ, 2015. — С. 171–181.
5. Запорожець О.І. Питання державного регулювання викладання у ВНЗ дисципліни «Безпека життєдіяльності», «Охорона праці» та «Цивільний захист» / О.І. Запорожець, А.В. Русаловський, В.М. Заплатинський, Б.Д. Халмурадов // Безпека життєдіяльності. – 2007. – №11. – С.11–13.
6. Бикова О. В. Про питання необхідності коригування програм навчальних дисциплін з безпеки з урахуванням основних положень “Концепції державної програми розвитку освіти” / О.В. Бикова, С.І. Осипенко, С.А. Єременко, В.В. Бегун // Безпека життєдіяльності. – 2008. – № 7–8. – С. 51–53.
7. Каслін М.Д. Блок дисциплін "Безпека" у навчальних планах спеціальностей / М.Д. Каслін, О.І. Богатов, В.М. Попов. // Комунальне господарство міст: Серія: Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика. – Харків: Вид-во ХНУМГ ім. Бекетова, 2015. – Вип. 120 (1). – С.102–106.
8. Дацько О.С. Реформа освіти і перспективи викладання курсу безпека життєдіяльності у вузах / О.С. Дацько, А.С. Романів, Н.М. Параняк // Комунальне господарство міст: Серія: Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика. – Харків: Вид-во ХНУМГ ім. Бекетова, 2015. – Вип. 120 (1). – С.111–113.
9. Меліков О.Я. Роль культури безпеки життєдіяльності у вихованні студентів педагогічного університету / О.Я. Меліков, М.О. Квітко, Г.О. Квітко. // Комунальне господарство міст: Серія: Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика. – Харків: Вид-во ХНУМГ ім. Бекетова, 2015. – Вип. 120 (1). – С.157–160.
10. Мольчак Я.О. Освіта та виховання у сфері безпеки життєдіяльності / Я.О. Мольчак, Л.Ф. Бондарчук. // Комунальне господарство міст: Серія: Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика. – Харків: Вид-во ХНУМГ ім. Бекетова, 2015. – Вип. 120 (1). – С.78–84.

М.В. Домнічев
кандидат технічних наук, доцент

О.В. Нестеренко
кандидат технічних наук, доцент,
Криворізький національний університет,
кафедра «Рудникової аерології та охорони праці»

ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ ПРЕДМЕТИ СУЧАСНОСТІ, ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ НАСЕЛЕННЯ

Анотація. *Сучасна безпека громадян при поводженні з вибухівкою і боєприпасами потребує наявності знань про ці предмети. Та про дії як не можна з ними проводити. Зробити огляд основних видів сучасних боєприпасів в нашій державі. Показати їх характеристики і особливості. Надати рекомендації щодо безпечного поводження з ними. Розкрити небезпеки для громадян в разі їх використання.*

Ключові слова: *боєприпаси, вибухівка, гранати, безпека, населення, навчання*

MUNITIONS TODAY, FEATURES OF TEACHING POPULATION

Annotation. *Modern public safety while handling explosives and ammunition requires a knowledge about these subjects. And the actions could not be with them to pursue. Make an overview of the main types of modern ammunition in our country. Show their characteristics and features. Provide the recommendations for safe handling. Expand danger to citizens in case of their use.*

Keywords: *ammunition, explosives, grenades, security, population, training*

Вступ

Події 2014-2015 років у нашій державі, яскраво продемонстрували нам необхідність наявності у цивільного населення певних знань про вибухонебезпечні предмети, їх основні види, властивості і потенційну небезпеку. Будь-які надзвичайні ситуації, а в першу чергу військового характеру, призводять до зменшення рівня захищеності цивільного населення і росту рівня загроз їхньому життю і здоров'ю. Ця робота, є спробою скласти певний перелік небезпечних предметів, що можуть потрапити до рук цивільного населення та дати практичні рекомендації, спрямовані на збереження життя і здоров'я громадян.

Аналіз досліджень та публікацій

Автори провели огляд робіт фахівців – зокрема Богданова Є.В., Радковець Ю.І., Свергунова О.О., Адаменко М.І. та інших [1,2,3], відкритих джерел, та окреслили певний перелік цих предметів, небезпек кожного з них та основні правила поводження з ними.

Постановка завдання. Необхідно встановити перелік з найбільш розповсюджених боєприпасів, що використовуються на сьогодні та можуть потрапити до рук цивільного населення. Основний акцент, буде зроблено як на рекомендаціях населенню, що до безпечного поводження з цими предметами, так і на переліку дій, які категорично заборонено вчиняти з подібними предметами. На сьогодні найбільш актуальним буде складання основного переліку небезпечних предметів, та розробка навчальних матеріалів для інформування населення про потенційну загрозу з цих предметів, та підвищення загального рівня інформованості наших громадян про потенційні небезпеки, не лише від вчинення терористичних актів а від недбалого поводження з вибухонебезпечними предметами.

1. Загальні проблеми цивільного населення при поводженні з вибухонебезпечними предметами.

На нашу думку, основною проблемою цивільного населення в питаннях поводження з вибухонебезпечними предметами різного типу (боєприпаси військові та цивільні, саморобні вибухові пристрої, вибухівка тощо) є досить низький рівень знань як про основні види вибухонебезпечних предметів так і про їх властивості. В тому числі існує небезпека помилкової ідентифікації цих предметів, як через спеціальні дії по «камуфлюванню» вибухових пристроїв, так і через дію часу, який знищує певні характерні прикмети, за якими можна встановити приналежність тої чи іншої знахідки до вибухонебезпечних предметів (це особливо актуально для боєприпасів часів Першої та Другої світових воєн).

Досить серйозною є проблема недооцінки небезпеки таких предметів та спроби використати їх у різний спосіб (від намагань розпиляти знайдені боєприпаси для подальшого здавання металу на металобрухт, до спроб розібрати подібні знахідки з метою отримати вибухівку та засоби ініціювання для подальшого використання у протиправних цілях).

Також в сучасних умовах зростає загроза цивільному населенню внаслідок вчинення терористичних актів, що можуть бути спрямовані проти представників правоохоронних органів чи органів державної влади, проти волонтерів [4,5] чи проти інших громадян через конфлікт інтересів в тому числі і ділових [6].

Небезпека постраждати внаслідок терористичної діяльності, дуже слабко залежить від дій самого громадянина, в той же час, небезпека отримати травми чи загинути в разі неправильного поводження з боєприпасами чи вибухонебезпечними предметами – прямо залежить від конкретних дій людини до чийх рук потрапили ці предмети.

Тому дана робота покликана підвищити рівень відповідальності та поінформованості цивільного населення, щодо небезпеки боєприпасів та вибухонебезпечних предметів та основних правил безпечного поводження з ними.

2. Небезпеки для цивільного населення при поводженні з сучасними вибухонебезпечними предметами класичного типу.

В зв'язку із військовим конфліктом на сході нашої держави, та подіями початку 2014 року, на сьогодні різко підвищилася небезпека травмування та загибелі цивільного населення, внаслідок неправильного поводження з боєприпасами та вибуховими пристроями, що потрапили у неконтрольований обіг.

В даній роботі ми не будемо розглядати питання проблем обігу ручної вогнепальної зброї, ручних і станкових гранатометів, мін, ракет, авіабомб та артилерійських снарядів. Небезпеки пов'язані з саморобними вибуховими пристроями, саморобною вибухівкою будуть розглянуті в розділі 3, присвяченому вибухонебезпечним предметам неklasичного типу. В цьому розділі, ми зосередимося на питанні сучасних боєприпасів до стрілецької зброї, вибухових пристроїв малої потужності та їх складових частин.

Питання обігу боєприпасів та вибухових пристроїв, що знаходяться на місцях боїв минулих воєн, не будуть розглядатися в даній роботі. Дії населення в разі виявлення таких знахідок, є аналогічними діям при виявленні сучасних вибухонебезпечних предметів.

Значною проблемою на сьогодні, є наслідки багаторічної політики виняткового «пацифізму», внаслідок чого було зменшено можливість нашого населення отримати хоча б елементарні знання про зброю та боєприпаси. Особливого розмаху, ця хибна політика, набула протягом останніх років. Через скорочення профільних навчальних закладів та «корекцію» навчальних програм у загальноосвітніх навчальних закладах, нехтування питаннями забезпечення їх необхідними навчальними посібниками, та наочним приладдям, підростає покоління (основна група ризику) включно з юнаками, що зараз призиватимуться на військову службу, у своїй основній масі отримувала (і зараз отримує) знання про зброю та боєприпаси, їх властивості та правила поводження з ними з художніх фільмів, комп'ютерних ігор та розповідей неспеціалістів. Це почасти призводить до тяжких наслідків в разі потрапляння до рук громадян боєприпасів, зброї і вибухових пристроїв.

Вибухонебезпечні предмети, потрапляють до неконтрольованого обігу декількома основними шляхами – доставка їх з зони військового конфлікту для продажу, утаювання

невикористаних або трофейних боеприпасів з метою їх зберігання і подальшого використання у цивільному житті (традиція нашого народу зберігати «про всяк випадок») і втрати під час навчань або транспортування. Євтуше

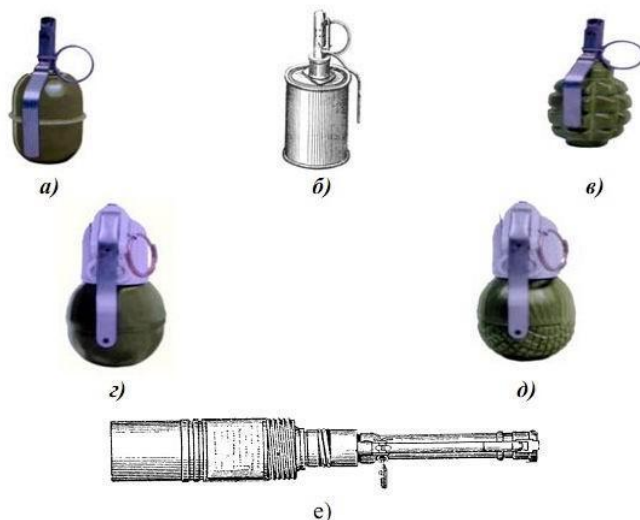
В залежності від регіону, ситуація із поширеністю цих предметів дещо відрізняється, так на території Донецької та Луганської областей можливість знайти той чи інший вибухонебезпечний предмет є надзвичайно високою. Також досить велика кількість цих предметів вилучається у прифронтових областях (Харківська, Дніпропетровська, тощо) та в м. Київ [7]. Але загрози вторгнення ворога та бажання себе захистити, при необґрунтовано високих цінах на зброю і боеприпаси, призводить до того, що сформувався величезний попит на зброю і боеприпаси який задовольняється в тому числі і незаконним шляхом.

На сьогодні, згідно інформації наших правоохоронних органів, в основному вилучаються з обігу, переважно такі вибухонебезпечні предмети, як – гранати (ручні різних типів, для підствольного гранатомету та для станкового гранатомету) [8], боеприпаси до ручної вогнепальної зброї [9], боеприпаси для автоматичних гармат, вибухові речовини і засоби ініціювання. Саморобні вибухові пристрої, виготовлені в тому числі із використанням штатних боеприпасів розглянемо окремо у розділі 3.

Отже, основні види вибухонебезпечних предметів класичного типу, що вилучаються :

Ручні гранати, що їх сьогодні використовують під час бойових дій, можна розділити за такими основними типами – протипіхотні, та протитанкові. На сьогодні частинами ЗСУ та НГУ, а також проросійськими бойовиками та підрозділами ВС РФ використовуються такі гранати Ф-1, РГД-5, РГН, РГО, РГ-42 [10] (рис.1) та саморобні гранати на базі пострілу до автоматичного гранатомету АГС-17 (так звані «хаттабки») [11] (рис.2). Також на кадрах телевізійної хроніки – часто можна побачити протитанкові гранати типу РКГ-3.

Необережне поводження із цими гранатами (спроби розібрати, механічний вплив на них, дія високої температури тощо) може призвести як до значної шкоди здоров'ю так і до загибелі людини чи групи людей внаслідок не лише ураження уламками корпусу гранати чи готовими вражаючими елементами а і ударною хвилею від вибуху.



Рисуюнок 1. Ручні протипіхотні і протитанкова

гранати.а) РГД-5, б) РГ-42, в) Ф-1, г) РГН, д) РГО, е) кумулятивна граната РКГ-3.



Рисуюнок 2. Саморобна ручна граната з пострілу від АГС-17.

Гранати до під ствольного і автоматичного гранатометів (рис. 3, рис.4). Дуже широко використовуються на фронті. Уражають в основному за рахунок дрібних уламків, що утворюються при підриві [12]. При близькому вибуху можуть призвести до загибелі людини внаслідок множинних поранень, що супроводжуватимуться значною крововтратою і больовим шоком. Дія ударної хвилі досить незначна. Дія «вторинних» уражаючих елементів (шматки ґрунту, кам'яні уламки тощо), що утворюватимуться під час підриву гранати здебільшого не

становитиме значної загрози. Можуть вибухнути як під час механічного впливу чи спроб розібрати, так і при нагріванні.



Рисунок 3. Гранати до під ствольного гранатомету ГП-25.



Рисунок 4. Граната до автоматичного гранатомету АГС-17/30.

Забороняється проводити будь-які маніпуляції з знайденими гранатами. В разі виявлення бажано взагалі їх не чіпати. Категорично забороняється намагатися розбирати чи піддавати іншому зовнішньому впливу (ударам, нагріванню тощо).

Боєприпаси до ручної та станкової вогнепальної зброї представлені на сьогодні набоями до пістолетів, автоматів, кулеметів та гвинтівок. Основні калібри, що використовуються на сьогодні в зоні конфлікту та потрапляють до наших міст у різний спосіб це :

пістолетні 7,62x25, 9x18, 9x19 мм; автоматні 5.45x39, 7,62x39, 5.56x45 мм; кулеметні/гвинтівкові 7,62x51, 7,62x54, 12,7x108, 12,7x99, 14,5x114 мм. [13]

Найбільшу небезпеку становлять набої крупних калібрів (12,7 та 14,5 мм) особливо споряджені кулями трасуючої, запальнової, пристрілочної та миттєвої дії (кулі з поєднанням фіолетового і червоного кольорів, повністю червоні кулі) [14] (рис.5). Оскільки маніпуляції з цими набоями можуть призвести до досить тяжких наслідків. Слід також пам'ятати, маніпуляції (механічний вплив або нагрівання) з іншими набоями (навіть пістолетними) можуть також призвести до досить тяжких наслідків.



Рисунок 5. Набої калібру 14,5x114 мм. Варіанти забарвлення кулі.

Снаряди малого калібру (ЗУ 23-2, гармата 2А42, ЗСУ-23-4 «Шилка», 2А38 «Тунгуска» тощо) іноді вилучаються але їхня кількість порівняно невелика [15]. Заходи безпечного поводження з ними аналогічні правилам поводження із боєприпасами до стрілецької зброї – не піддавати механічним впливам, не розбирати, не кидати у вогонь.

Штатні вибухові речовини та засоби ініціювання. До них в першу чергу відносяться тротил, гексоген, еластид та пластид. Застарілі вибухові речовини типу меленіту, піроксиліну чи динаміту або не використовуються взагалі або не потрапляють в поле зору правоохоронців [16]. Всі ці вибухові речовини, за виключенням гексогену, практично безпечні без засобу ініціювання (капсуля-детонатора). Так, найбільш розповсюджена вибухівка – тротил не вибухає від дії вогню, тертя, удару тощо. Зовнішній вигляд основної вибухової речовини, що вилучається на сьогодні – тротилу, представлено коричневими брикетами масою від 100 до 400 г. (рис.6). Найбільш небезпечним є гексоген, що може вибухнути як внаслідок механічного впливу (удару) так і внаслідок дії полум'я. [17]. Гексоген може бути у вигляді білих кристалів схожих на цукор.

Досить небезпечними є також для здоров'я громадян засоби ініціювання вибуху – капсулі-детонатори (рис.7).



Рисунок 6. Типовий вигляд тротилової шашки.

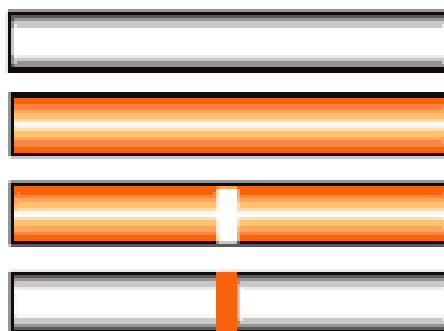


Рисунок 7. Основні типи капсулів-детонаторів (КД №8-А, КД №8-М, КД№8-М (учбовий-інертний), КД 8-А (імітаційний)).

Через високу чутливість його до зовнішніх впливів поводитись з ним необхідно у край обережно. Дуже часто при маніпуляціях з цими капсулями, недосвідчені громадяни отримують досить серйозні травми (в разі вибуху в руці потерпілого, зазвичай відбувається вибухова ампутація 2-3 пальців (рис.8), якщо рука в цей час знаходиться біля обличчя – нерідким буде травма ока, або навіть його втрата). Небезпека полягає крім всього іншого і в тому, що дрібний металевий циліндр (довжина 45-47 мм, діаметр 7 мм) часто не сприймають як якусь загрозу життю і здоров'ю [18]. В разі виявлення предметів схожих на вибухівку чи засоби підриву – жодних дій з ними і викликати спеціалістів.



Рисунок 8. результат підриву капсуля-детонатора у руці.

3. Небезпеки для цивільного населення при поводженні з сучасними вибухонебезпечними предметами неklasичного типу.

До вибухонебезпечних предметів неklasичного типу, перш за все необхідно віднести саморобні вибухові пристрої різного типу.

В попередні роки, працівники ДСНС, на досить високому рівні працювали щодо попередження нещасних випадків, внаслідок необережного поводження з вибухонебезпечними предметами. Було випущено значну номенклатуру друкованої продукції у вигляді плакатів, пам'яток, листівок тощо. В переважній більшості, вони стосувалися штатних боєприпасів часів ДСВ та сучасних піротехнічних пристроїв. Фільми та мультфільми також акцентували увагу глядачів на старих боєприпасах, що можуть залишатися в землі на місцях минулих боїв [19,20] (рис. 9, рис. 10).



Рисунок 9. Зразок плакату щодо безпеки поводження з вибухонебезпечними предметами.



Рисунок 10. Зразок листівки щодо безпеки поводження з вибухонебезпечними предметами.

Оскільки, внаслідок неможливості загарбника проломити оборону наших військ на фронті, збільшується загроза розхитування нашого тилу як в прифронтівій зоні так і у віддалених регіонах нашої держави, через вчинення терористичних актів і диверсій, необхідно підвищити рівень знань нашого цивільного населення щодо потенційних терористичних небезпек. Через збільшення терористичної загрози на території нашої держави, останнім часом, методисти ДСНС також звернули увагу, на розширення спектру потенційних загроз для цивільного населення, і почали доповнювати навчальні матеріали згадками про саморобні вибухові пристрої та рекомендаціями щодо дій населення у разі їх можливого виявлення (рис. 11) [21].

Залежно від регіону, ситуація із поширеністю цих предметів дещо відрізняється [22]. На сьогодні, згідно інформації правоохоронних органів, в основному вилучаються з обігу, такі вибухонебезпечні предмети, як саморобні вибухові пристрої, що використовуються як фугаси, міни, гранати та закамфльовані вибухові пристрої [23].



Рисунок 11. Зразок листівки щодо безпечних відстаней евакуації, в разі знаходження вибухонебезпечних предметів.

Отже, розглянемо основні види вище перерахованих вибухонебезпечних предметів:

3.1. Вибухові пристрої у вигляді ерзац-мін та фугасів – в основному виготовляють із використанням штатних вибухових речовин та будь-яких надійних корпусів, що забезпечують збереження вибухівки, детонатору від впливу оточуючого середовища [24] (газові балони, металеві труби, артилерійські гільзи тощо.).

2. Замасковані вибухові пристрої.

За останніми повідомленнями, терористи часто маскують вибухові пристрої під предмети побуту (іграшки, електропобутові пристрої, речі загального вжитку тощо) [25,26,27,28] (рис. 13,14,15,16).

Використання цих вибухових пристроїв, в першу чергу спрямовано не проти бійців ЗСУ чи НГУ а проти місцевого цивільного населення, в тому числі дітей. Наявність такої терористичної загрози негативно впливає на психофізіологічний стан і може бути причиною розвитку численних неврозів та інших розладів здоров'я.

Вибухові пристрої, для вирішення бізнесових або особистостних конфліктів, почасти виконуються за схожими схемами, але несуть менше загрози цивільному населенню ніж пристрої, що використовуються з метою терору цивільного населення.



Рисунок 12. Вибуховий пристрій в цигарках.



Рисунок 13. Вибуховий пристрій у футбольному м'ячі.



Рисунок 14. Вибуховий пристрій замаскований під коробку цукерок

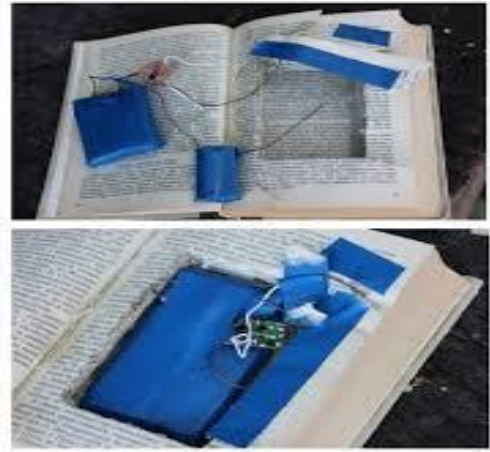


Рисунок 15. Вибуховий пристрій замаскований під книжку

При виявленні вибухових пристроїв, або підозрілих предметів, що знаходяться в незвичних для цих речей місцях, необхідно пам'ятати, що жодні дії з ними не проводяться.

Необхідно терміново провести обмеження доступу до цих знахідок іншим громадянам. Місце знахідки огородити, після цього, відійшовши на мінімально безпечну відстань (100-150 метрів) чи укритись за капітальною спорудою, викликати працівників МВС або спеціалістів ДСНС. Після чого проводити візуальне спостереження за об'єктом з безпечної відстані до прибуття зазначених фахівців, попереджаючи громадян про можливу небезпеку. Телефони або вимикаються або не використовуються в безпосередній близькості від знахідки.

Після прибуття фахівців, доповісти їм про власні дії та причини виклику, з безпечної відстані показати де знаходиться небезпечний предмет. Залишатися на місці і спостерігати за роботою вибухотехніків та спробами розмінування не рекомендується через ризик поранення або загибелі в разі можливого вибуху. Також треба пам'ятати, що терористи часто практикують т.зв. «подвійний вибух», коли після першого вибуху або виявлення «вибухівки» проводять вибух основного заряду для ураження прибулої групи правоохоронців та/або натовпу цивільного населення, що спостерігає за діями силовиків.

Спроби самостійного розмінування чи будь-які інші дії з підозрілими предметами забороняються. Необхідно пам'ятати, що необережне поводження із цими предметами може призвести як до значної шкоди здоров'ю так і до загибелі людей внаслідок не лише ураження уламками корпусу чи готовими вражаючими елементами а і ударною хвилею від вибуху чи уламками предметів/споруд. Значним джерелом небезпеки, сьогодні є значне використання в будівельних конструкціях великої кількості скла, під дією ударної хвилі буде зруйноване та падаючи з висоти, може призвести до збільшення кількості постраждалих.

4. Особливості викладання вибухобезпеки в сучасних умовах.

Як уже зазначалося вище, цивільне населення має бути достатньо поінформоване про можливу небезпеку та дії внаслідок яких її можна зменшити. Для вирішення цього завдання, необхідно визначитися з шляхами інформування населення. Як відомо [29] найкраще інформація засвоюється у разі виконання або певних практичних завдань, або під час навчання інших. Ми не будемо розглядати способи інформування населення за допомогою засобів масової інформації а зосередимось на рекомендаціях щодо навчання населення в закладах освіти. Це підвищить захищеність найбільш вразливої частини населення – молоді.

Оскільки переважна більшість навчальних закладів не мають відповідної матеріальної-технічної бази (макети вибухових пристроїв, боєприпасів, вибухових речовин тощо), основним ефективним способом навчання буде перегляд навчальних фільмів та наочних презентацій. В тому числі і мультимедійних. Через актуальність даної проблеми, на сьогодні окрім офіційних структур (ДСНС, ОБСЄ, МВС, СБУ тощо) певні рекомендації щодо безпеки

поводження з вибухонебезпечними предметами випускаються викладачами навчальних закладів [1,30].

Переваги навчання за допомогою презентацій та фото і відео матеріалів, полягають в тому, що дозволяють сформувати у слухачів досить глибокі знання щодо видів небезпечних предметів, їх зовнішнього вигляду, властивостей і потенційної небезпеки в різних умовах. За можливості, рекомендується залучення до навчального процесу фахівців ДСНС, МВС, СБУ тощо. Оптимальним варіантом навчання, буде комбінація з теоретичного і практичного курсу навчання. Також при вивченні курсу, рекомендується робити акцент не лише на діях в разі виявлення небезпечної знахідки (алгоритм дій які проводяться від моменту знаходження до моменту прибуття фахівців та перелік дій які забороняється проводити з підозрілою знахідкою) а і на діях після можливого вибуху. Тобто основні знання щодо першої допомоги постраждалим.

Висновки та напрямок подальших досліджень:

- В роботі виконано огляд основних боєприпасів, що на сьогодні знаходяться в обігу і вилучаються у цивільного населення.
- Надано певні рекомендації, що до поведження з вибухонебезпечними предметами які можуть потрапляти до цивільного населення та розглянуто можливі негативні наслідки у разі неправильних дій з цими предметами.
- Надано посилання на електронні ресурси, вивчення яких, дозволить отримати більш ґрунтовні знання про правила безпечного поведження з такими предметами.
- Основна порада при виявленні будь-яких боєприпасів, вибухових матеріалів або предметів схожих на них – огородити місце знахідки та викликати спеціалістів ДСНС. Не проводити з цими знахідками жодних дій.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Богданов Е.В. «Взрывные устройства стандартные и самодельные»/ Всероссийский институт повышения квалификации работников МВД – Домодедово, 2001. 26с.
2. Ю.І. Радковець «Основні типи мін, їх тактико-технічні характеристики та застосування в збройних (локальних) конфліктах» Радковець Ю.І., Свергунов О.О., Кушнерик О.Ю., Кашталар О.В./ Міністерство оборони України, Головне управління розвідки – Київ 2001.105с.
3. М.І.Адаменко Безпека зберігання вибухових речовин та боєприпасів Адаменко М.І., Гелета О.В., Квітковський Ю.В., Росоха В.О., Федюк І.Б./ Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій. Навчальний посібник для курсантів, студентів та слухачів, які навчаються у відомчих вищих навчальних закладах – Харків, 2005. 66с.
4. Вибух у приміщенні волонтерського центру в Одесі [Електронний ресурс] Сайт інформаційного ресурсу «Укрмонітор» <http://ukrmonitor.com/reports/view/65611>
5. Вибух на залізниці у Харкові, вже другий за останні два дні, кваліфікували як диверсію [Електронний ресурс] Сайт «Новини України і світу – новини від ТСН» <http://tsn.ua/video/video-novini/vibuh-na-zalznici-u-harkovi-vzhe-drugiy-za-ostanni-dva-dni-kvalifikuvali-yak-diversiyu.html>
6. У Києві підірвали бізнесмена з Кіровограда (ФОТО) [Електронний ресурс] Сайт інформаційного порталу «Перша електронна газета» <http://persha.kr.ua/news/criminal/59054-u-kiyevi-pidirvali-biznesmena-z-kirovograda-foto.html>
7. На Київщині у військових вилучили арсенал боєприпасів із зони АТО [Електронний ресурс] Сайт телеканалу «5 канал» <http://www.5.ua/ato-na-shodi/Na-Kyivshchyni-u-viiskovykh-vyluchyly-arsenal-boieprypasiv-iz-zony-ATO-71940.html>
8. Співробітники мариупольської міліції завадили відправці посилки з 7 гранатами (ФОТО) [Електронний ресурс] Офіційний веб-сайт «Міністерства внутрішніх справ» <http://mvs.gov.ua/mvs/control/main/uk/publish/article/1420568>

9. СБУ затримала в Дніпропетровську двох сепаратистів, які пройшли підготовку в РФ [Електронний ресурс] Новинний сайт «Незалежне бюро новин» <http://nbnews.com.ua/ua/news/144800/>
10. Ручні гранати [Електронний ресурс] Настанова зі стрілецької зброї «Міністерство оборони України» http://shron.chtyvo.org.ua/Ministerstvo_oborony_Ukrainy/Nastanova_zi_striletskoi_spravy_Ruchni_hranaty.pdf
11. Навчання саперній справі. Хаттабки [Електронний ресурс] Канал Ю-Тюб «Правий сектор» <https://www.youtube.com/watch?v=0wjnSXNruuI>
12. Постріл ВОГ-25 [Електронний ресурс] Інформаційний веб-сайт «Енциклопедія зброї» <http://weapon.at.ua/board/25-1-0-38>
13. Боєприпаси [Електронний ресурс] Інформаційний веб-сайт «Оружейная правда» <http://russianguns.ru/?paged=23>
14. Назначение, общее устройство и классификация боевых патронов к стрелковому оружию, вооружению БТР (БМП), выстрелов к гранатометам [Електронний ресурс] сайт Информационное обеспечение военнослужащих «Военсервис. рф» http://voenservice.ru/boevaya_podgotovka/ognevaya_podgotovka/naznachenie-obschee-ustroystvo-i-klassifikatsiya-boevyih-patronov-k-strelkovomu-oruziyu-vooruzheniyu-btr-bmp-vyistrellov-k-granatometam/
15. В Днепропетровске готовился теракт 28 марта [Електронний ресурс] веб-сайт «Подробности.уа» <http://podrobnosti.ua/2024823-v-dnepropetrovske-gotovilsja-terakt-28-marta.html>
16. В Артемівську у фермера вилучили більше півтони вибухівки [Електронний ресурс] Сайт телеканалу «5 канал» <http://www.5.ua/ato-na-shodi/V-Artemivsku-u-fermera-vyluchily-bilshe-pivtony-vybukhivky-72560.html>
17. Инженерные боеприпасы [Електронний ресурс] Сайт Ю.Г.Веремеева «Сапер» <http://www.saper.etel.ru/index-mines.html>
18. Средства для огневого способа взрывания [Електронний ресурс] Сайт Ю.Г.Веремеева «Сапер» <http://www.saper.etel.ru/mines-4/RA-BB-07.html>
19. Правила поведінки при знаходженні вибухонебезпечних предметів [Електронний ресурс] Тульчинська районна державна адміністрація, Офіційний сайт <http://tulchinda.gov.ua/novini/pravila-povedinki-pri-znahodzhenni-vibuhonebezpechnih-predmetiv/>
20. Інформаційно-довідковий куточок ЦЗ, Стенди та плакати [Електронний ресурс] Охрана труда - Техника безопасности - Должностные инструкции <http://ohranatrud-ua.ru/stendi-ta-plakati/891-informatsijno-dovidkovij-kutochok-tsz.html>
21. Як розпізнати вибухонебезпечні та підозрілі предмети (інфографіка) [Електронний ресурс] Рідна Житомирщина, сайт <http://zt.ridna.ua/2015/02/18/yak-rozpiznaty-vyuhonebezpechni-ta-pidozrili-predmetryinfohrafika/>
22. МВС: Вибух в Одесі спричинив саморобний вибуховий пристрій [Електронний ресурс] Сайт новин «Західна інформаційна корпорація» http://zik.ua/ua/news/2015/03/23/mvs_vyuh_v_odesi_sprychynyv_samorobnyy_vyuhovyuy_prystriy_574695
23. Пресс-центр АТО: террористы продолжают виготовляти міни-сюрпризи (ФОТО) [Електронний ресурс] Фейсбук сторінка «Офіційна сторінка. Найсвіжіші новини з самого епіцентру проведення АТО». <https://www.facebook.com/ato.news/posts/850173374993470>
24. Пам'ятка щодо правил поведінки (порядку дій) населення у разі виявлення підозрілого об'єкта, вибухонебезпечного предмета [Електронний ресурс] SlideShare http://www.slideshare.net/hay_day/ss-51574473
25. Міни-іграшки в Донбасі - ДСНС попереджає про небезпеку: фото [Електронний ресурс] Сайт новин Ліга.net http://news.liga.net/ua/news/politics/4933263m_ni_grashki_v_donbas_dsns_poperedzha_pro_nebezpeku_foto.htm
26. Террористы на Донбассе активно минируют дороги и маскируют бомбы под игрушки - штаб АТО [Електронний ресурс] Сайт новин «Цензор.нет» <http://censor.net.ua/news>

/331667/terroristy_na_donbasse_aktivno_miniruyut_dorogi_i_maskiruyut_bomby_pod_igrushki_sh
tab_ato

27. На Луганщині СБУ попередила терористичний акт на транспортній магістралі [Електронний ресурс] Сайт «Служби безпеки України» http://www.ssu.gov.ua/sbu/control/uk/publish/article;jsessionid=F0BDCDA915915CD8B3E56A1FF1E198B9.app1?art_id=138882&cat_id=39574

28. Террористы маскируют бомбы под игрушки и ручки [Електронний ресурс] Інтернет сайт «Биржевой лидер» <http://www.profi-forex.org/novosti-mira/novosti-sng/ukraine /entry/1008241298.html>

29. Озерян О.Л. Різні види візуалізації навчальних матеріалів. Навчальний посібник – К.: Національна академія педагогічних наук України. Університет менеджменту освіти, 2014. – 39с.

30. Домнічев М.В. Вибухонебезпечні предмети, види, вигляд та основи безпечного поводження з ними. Навчальна презентація – Кривий Ріг, : Криворізький національний університет, 2015. – 26с.

О.М. Башкатов
к.т.н.

ОСТРОВА ТЕПЛА У МІСТІ, ЯК ФАКТОР ВИНИКНЕННЯ ЗОН ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

У статті дається аналіз впливу «островів тепла» у сучасному місті на формування кліматичних параметрів, порушення яких веде до екологічного ризику. Незбалансованість забудівель та неврахування розміщень рекреаційних зон відносно джерел тепла сприяє утворенню ділянок з локально підвищеною температурою. До задач моніторингу по впровадженню прогностичних заходів по захисту середовища пропонується залучити математичне визначення зон покриття «теплових островів» і динаміки їх можливих переміщень.

Ключові слова: міські острова тепла, ранг, ризик, фактор, поле температур, критерій.

HEAT ISLAND IN THE CITY AS A FACTOR OF ORIGIN ENVIRONMENTAL RISK AREAS

The article analyzes the influence of "heat islands" in the modern city on the formation of climatic parameters, the violation of which leads to environmental risks. The imbalance of the buildings and the lack of consideration of placements recreational areas relative heat promote the formation of areas with locally high temperature. For monitoring tasks for the implementation of forward-looking measures to protect the environment are invited to use the mathematical definition of the zones covers "heat islands" and the dynamics of their possible movements.

Keywords: urban heat islands, rank, risk, factor, temperature field, criterion.

Вступ

Сучасний статус любого міста має визначатись багатьма рисами, серед яких екологічні безумовно є одними з найважливіших. Зокрема це стосується не лише наявності тих чи інших забруднень у воді, повітрі, тому негативу, що вони вносять у навколишнє середовище, а більш суттєво визначенню їх кількості, динаміки утворень та змін, що обумовлюють визначення рівня безпеки для людини взагалі. Оскільки зміни у складі повітря визначаються усіма мешканцями, тому зосередимо фокус на обставинах, що мають на них впливати [12].

В процесі формування повітряного стану діє багато чинників. Одним з таких параметрів, особливо в останні роки, стають температурні зміни. Ті перепади, що сприяють появі сильних вітрів, коливань тиску, відсутності опадів, або раповим зливам [3].

Як вважають фахівці не останнє місце при цьому займає і сама територія, її особливості та специфіка забудівлі. Саме вони сприяють появі та розміру т.з. «островів тепла» [2], тобто зон, де температура зростає і досягає значних максимумів по відношенню к іншим ділянкам міста. Для того є декілька причин. По-перше, місто характеризується наявністю тепло випромінюючих споруд, асфальтних трас, багатоповерхових будинків, а тому, як слідує з [13,15], такий процес урбанізації змінює характер погодних умов. По-друге, діють екранні ефекти, які суттєво заважають потокам, розподілу повітряних мас, тобто забезпечують

стійкість кліматичних показників. Тому саме місто є основним джерелом високих температур, оскільки формує зону гарячого повітря у островах тепла [3].

Американськими фахівцями з Атланти [6] визначено, що температура в центрі міста в середньому на 5-8 градусів вище, ніж на околицях. Як наслідок цього явища – поява конвекційних потоків, сприяючих частим зливам та грозам. Фізична природа явища міститься у виникненні розряджень повітря, обумовлених пересуванням мас. Внаслідок того, що теплі шари рухаються догори, їх місце заповнюється холодним повітрям, яке прагне уникнути вакууму і тому виникає міський вітер. В продовження процесу тепле повітря підіймається ще вище, поки не перетвориться у конденсат, та не сформує хмари конвективного походження. Саме вони і сприяють зливним опадам та вітрам. Літні грози звичайно виникають у часи збільшення температури, тобто наприкінці дня. Однак так відбувається не завжди. Так у той самій Атланті крім очевидних злив у другій половині дня все частіше опади трапляються і вранці. Причина цього, як вважають, полягає в надходженні до центру міста, що не остигло за ніч, більш холодних мас з околиці. Формуються вежі грозових хмар.

Поширенню островів тепла у місті значним чином сприяють і особливості сучасної урбанізації. Зокрема – це значне зменшення рослинних, водних зон, та виникнення, як повідомлялось раніше, нових забудов, автотрасс, небезпечних покривних матеріалів. Так у тому же джерелі [6] повідомляється, що в Атланті зріст забудов як у місті, так і за її межами у приміських районах за період 1973-1992 рр., привело до зменшення понад 380 тисяч акрів лісових насаджень. Не усуваючи температурної складової сонячної радіації у повітрі збільшується і доля небезпечних викидів.

Таким чином, що підтверджено і результатами фахівців [7-9], основною причиною підвищення температур у місті є наслідки антропогенної діяльності. Термічні зміни знижують сумарне випаровування (тобто, випаровування плюс транспірацію), а широко застосовуємо будівельні матеріали (бетон, асфальт, бітум) цьому сприяють. Їх теплоємність і теплопровідність, з одного боку, та поверхневі властивості (альbedo, випромінююча здібність) дають змогу утримувати в 2000 більше тепла ніж звичайне повітря.

Графічно розподіл температур біля "теплового острова" відображає схематичний малюнок (Рис.1).

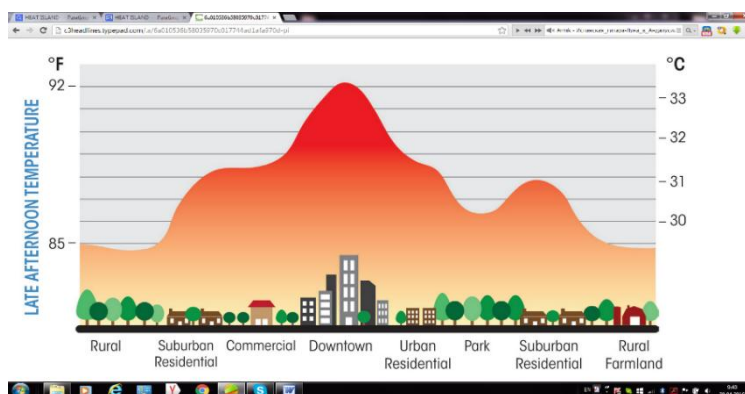


Рис.1 Розподіл температурного рівня щодо різних зон міського середовища [17]

З рисунку 1 видно, що занадто високі будинки завдяки збільшення площі поверхні обумовлюють появу ефекту міських каньйонів (*urban canyon effect*), де температура повітря струмки зростає.

Постанова проблеми

Окрім температурних порушень и злив, що виникають внаслідок островам тепла на виникнення останніх впливають і інші фактори [18,20]. Функціонування автотранспорту, промислових підприємств та окремих джерел також мають свою частку у формування поля теплових дисбалансів. До цього додається і рівень фонових забруднень, що в певній мірі посилює вплив "теплового острова" на стан безпеки повітряного середовища. Проте питанням їх визначення, аналізу та прогнозування уваги додається недостатньо.

Традиційно, основним напрямком досліджень островів тепла на територіях мегаполісів є оцінка їх формувань, розмірів покриття, для чого виконується дистанційне зондування (подалі ДДЗ) площин [1], але отримані знімки лише констатують зв'язок між температурними змінами урбанізованих територій і скороченням рослинного покриву [5].

Значну повагу надається вивченню добової динаміці температур між містом та околицею [6], особливо у тому, що стосується причин випромінювань тепла, характеристик джерел [7]. Енергетичні теплові втрати теж роблять свій внесок у порушені температурного балансу, проте стохастичність появ і сезонність формувань ускладнюють їх довгостроковий прогноз [10].

Природа виникнення островів тепла не однотайна. Є ті, що пов'язані з температурою повітря, інші являють собою місця перегріву земної поверхні сонячною радіацією, треті виникають на територіях з обмеженою рослинною складовою. Все це обумовлює необхідність аналізу не лише умов виникнення таких зон, але і проведення більш детальніших досліджень їх трансформацій, визначення перспектив географічно-теплової природи.

Існуючі рішення

Якщо дивитися взагалі, то безумовно виникнення островів тепла призводить до знижку умов комфорту міського середовища для всіх мешканців. Завищена температура улітку та значна вологість у холодні часи не благодійно впливають на здоров'я людини, що погіршує співчуття, тому спонукає проведення на проведення моніторингу температурних ризиків.

Згідно [8] в коло досліджень входять: динаміка теплових зон; вплив засобів використання земель на просторо-часові зміни послідовних теплових аномалій; пошук взаємозв'язків між температурами повітря і земної поверхні у межах міста. Поруч з цим моделюється і самі острова тепла, процес формування енергетичного балансу міста; співвідношення між температурою у місті та за його межами; розподіл інтенсивності теплового випромінювання об'єктів вдень та вночі. Аналізується дані спостережень відносно значень вегетаційного індексу (NDVI), що обумовлює визнання взаємозв'язків між обсягами рослинних площин і інтенсивністю отриманого тепла, тощо.

На картах синоптичного або середнього розподілу температури міські острова тепла, як зони з підвищеною $t^{\circ}\text{C}$ зображують замкнутими ізотермами [3]. Кількісно результати спостережень оформлюють у табличній формі (зокрема, індекс спеки [4,14,19] – heat index на рис.2), або для дискретних даних у формі графічних вкраплень.

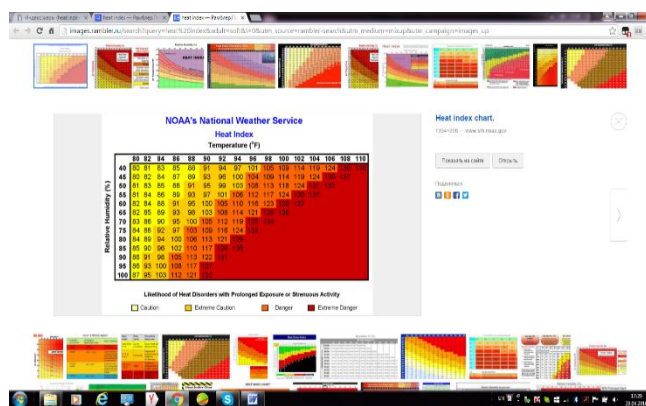


Рис.2 Індекс спеки, за даними Національної Служби Погоди США []

Основним джерелом інформації при цьому є матеріали ДДЗ, зокрема супутникової з'ємки. Прикладом такого аналізу є спроба порівняти значення інтенсивності, що були отримані наземним засобом та супутниками Землі, за допомогою діаграм розкиду (Рис.3).

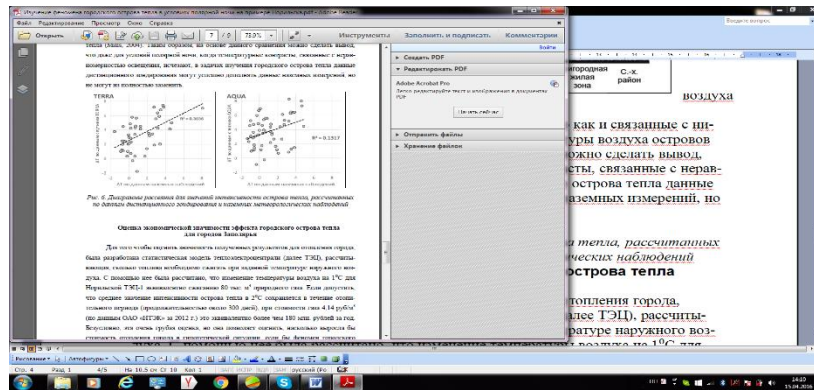


Рис. 3. Діаграми розсіювання для значень інтенсивності острова тепла, розрахованих згідно ДДЗ і наземних наглядів [1]

Аналіз отриманих угруповань (Рис. 3) віддзеркалюють наявність взаємозв'язків між отриманими значеннями інтенсивності острова тепла за даними різних джерел. Зокрема, для супутника TERRA $R^2 = 0.3$, коефіцієнт кореляції 0.55. Для супутника AQUA - 0.13 і 0.36 відповідно. Основною проблемою, що ускладнюють практичну значимість такого дистанційного контролю можна зазначити недостатню якість отриманих даних і вплив супутніх чинників. Серед них – вплив локальних джерел на структуру теплового поля, непередбачений розкид температур повітря біля поверхні землі.

З цього можна зазначити, що результати дистанційного зондування можуть лише доповнювати загальну картину розподілу та формування островів тепла, а безпосередні нагляди на місцевості дають більш ретельний результат.

Зони тепла мають різнитися за площиною, яка може досягати від декількох сотень метрів до кілометрів. Як підкреслюється у [5], температура є нерозривним показником, характеризується замкнутими ізотермами. Саме вони і будують межі островів тепла.

Щодо виявлення кількісних залежностей формування теплових зон міста від метеорологічних та екологічних обставин, то фахівцями досліджуються такі питання [6], як:

- розподіл середньодобових температур по території, що у цілому залежить від теплових властивостей земної поверхні (зрозуміло, що температура має підвищуватись у зонах забудовель та промислових об'єктів);
- добові зміни полів температури та вітрів, аналіз яких повідомив, що температура острова тепла визнають сезонну залежність (в ранкові часи узимку реєструється більш висока температура, влітку – наприкінці дня);
- зміни швидкості повітря, які у приземному шарі міста нижче ніж у передмісті. До речі ця різниця збільшується, прямо залежно від шорсткості поверхні і розміру місцевості. Рельєфні нерівності обумовлюють меншу повторність слабих вітрів у межах міста, ніж у передмісті. Особливе значення має локальна забудівля, бо часто призводить до появ зон підвищеного тиску, обумовлюючих локальне посилення аеродинамічних потоків;
- визначна аномальна конфігурація островів тепла, що виникає після розгляду ізоплет різних температур по карті місцевості і дійсно залежить від напрямку повітряних потоків.

Обробка і аналіз ДДЗ [1] доводить саме той факт, що райони з зеленими, лісовими та парковими зонами є більш комфортними, бо сприяють температурному та вологістному обміну. І хоча температура при наземному контролі [5] може давати приблизно однаковий результат (за винятком поверхневої температури дорожньої мережі та забудовлі), використання ДДЗ найчастіше завищує показники дійсної максимальної температури.

Основна частина

Кількість та розташування островів тепла, насамперед залежить від типу міста та його розмірів. У промислових зонах вони концентруються у зонах з технологічно підвищеною температурою (гарячі цехи, ТЕЦ, випромінююче обладнання, тощо). У жилому секторі – це райони забудовлі, котельні, автомагістралі.

Динаміка появ таких островів (кількість, місце появи, розмір) залежить от багатьох чинників, сумісне урахування яких є проблемним, внаслідок різних вимірів. Тому стає необхідним проведення комплексного обстеження островів тепла, та включення числових критеріїв для їх порівнянь з іншими зонами.

З метою кількісної оцінки температурних ризиків пропонуються залучити кваліметричні показники. Так для загальної оцінки території з підвищеною зоною ризику варто знайти безумовний критерій впливу острову тепла на стан навколишнього середовища

$$K_{heat_isl} = \frac{S_{heat_isl}}{S_{all}} \left(\sum_{i=1}^n F_{antr_i} \cdot \mu_i + \sum_{j=1}^m F_{cli_j} \cdot \eta_j + \sum_{g=1}^h F_{relief_g} \cdot \rho_g + F_{fon} \cdot \nu \right), \quad (1)$$

де: S_{heat_isl} – розмір острову тепла, км²;
 S_{all} – загальна площа досліджуваної території, км²;
 F_{antr} – коефіцієнт впливу від дії антропогенного чинника;
 μ – вага антропогенного параметру;
 F_{cli} – коефіцієнт впливу від кліматичних обставин;
 η – вага визначеного кліматичного фактору;
 F_{relief} – коефіцієнт рельєфного впливу;
 ρ – ваговий коефіцієнт рельєфу ділянки;
 F_{fon} – коефіцієнт фонового впливу на острів тепла;
 ν – вага фонового впливу.

Для формули (1) розмір острову тепла, тобто той частини міста, де $t > t_{умов}$, можна знайти із залежності

$$S_{heat_isl} = \sum_{d=1}^p \left(\int_{x_{start}}^{x_{fin}} F_{y_d}(t) dt \cup \int_{y_{start}}^{y_{fin}} F_{x_d}(t) dt \right), \quad d \in [1, \dots, p] \quad (2)$$

де: x_{start}, x_{fin} – початкове і фінішне значення x - координат масштабних ділянок місцевості з підвищеною температурою повітря;
 F_{y_d} – інтерпольована функція кількості площин з підвищеною температурою у південно-північному напрямку;
 y_{start}, y_{fin} – початкове і фінішне значення y – координат масштабних ділянок місцевості з підвищеною температурою повітря;
 F_{x_d} – інтерпольована функція кількості площин з підвищеною температурою у східно-західному напрямку.

- засоби оцінювання зон небезпеки з урахуванням температурних змін.

Розкид температур теплового острову формує поле значень, яке зручно формалізувати матричним засобом з використанням теорії поля.

Якщо уявити, що ареал теплового острову, розрахований згідно (2), формує окреме покриття на растровому знімку, то температуру на межі поля може описати системою

$$\begin{cases} gradT_x = \frac{d}{dx} \sum \bar{V}_{temp_x} \\ gradT_y = \frac{d}{dy} \sum \bar{V}_{temp_y} \end{cases} \quad (3)$$

де: $gradT$ - градієнт температури;
 V_{temp_x} - тимчасовий вектор швидкості зміни місцевої температури.

При цьому градієнт температури (3) ізотермічної поверхні (або температурний градієнт) для нестационарного повітряного середовища, згідно [11] має розраховуватись за формулою

$$\text{grad}T = \lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \frac{\partial t}{\partial n} \cdot n_0, \quad (4)$$

де: Δt - приріст температури до наступного шара ізотерми;
 Δn - відстань між ізотермами по нормалі;
 n_0 - одиничний вектор

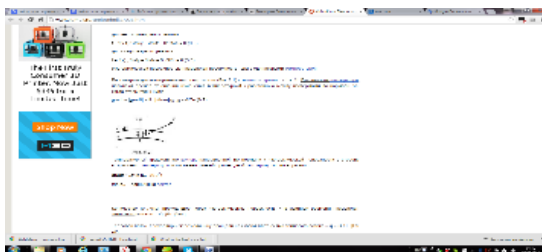


Рис.4 Схематичне пояснення до формули (4) визначення градієнта температури [11]

Градієнт температури (4), як параметр дозволяє розрахувати напрямок збільшення значень t у будь-якій точці ізотерми. Температурне поле, при цьому має і енергетичну складову, яка зображує кількість випромінювань тепла.

З джерел термодинаміки [11] відомо, що кількість тепла, яка перетинає ізотермічну поверхню в одиницю часу, називається *тепловим потоком* Q [Вт=Дж/с].

Для одиниці площі використовується інший параметр т.з. *щільність теплового потоку*

$$-q = \frac{Q}{F}, \quad (5)$$

де: F - ізотермічна площа, яку перетинає потік

Згідно закону Фур'є [11] маємо

$$Q = \int_F q \cdot dF = - \int_F \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial n} \cdot dF, \quad (6)$$

де: λ - коефіцієнт теплопровідності, тобто кількість теплоти, що перетинає одиницю ізотермічної поверхні, якщо $\text{grad}T = 1$. Що дозволяє розрахувати значення теплового потоку для характерних точок ізотерми, яка задає межу острова тепла. До речі для повітря при 0°C значення $\lambda = 0.0244$ (Вт/м·К).

Таким чином, отримання показників температури (5-6) для контурної межі «острова тепла» дозволяє отримати напрямок можливої міграції острова, або тренд щодо його поширення.

В цілому таку технологію можна означити наступною схемою (Рис.5)



Рис.5 Етапи моніторингу островів тепла

Висновки

Поява островів тепла, та пов'язаних з ними ризиків для середовища, потребує проведення комплексного аналізу. При цьому важливо не просто зазначити ці зони, а виконати кількісні розрахунки покриття, динаміки процесу, виявити можливі тренди. На жаль, припинити виникнення теплових дисбалансів не можливо, але варто задіяти заходи, що дозволять планово керувати формуванням теплових зон, зменшити їх вплив. Як у рамках екологічного моніторингу, так і взагалі при проведенні рекреаційних заходів.

У перспективі корисне розглянути зв'язок, що обумовлюється між змінами метеорологічних параметрів (температур, вітрового впливу, тиску повітря, вологості) і виникненням островів тепла.

Таким чином, у межах екологічного моніторингу можна визначити декілька напрямків досліджень островів тепла.

Зокрема, це, як підкреслено і в [12,20], є:

- подальша розробка методів ДДЗ для отримання теплових карт міст та рекреаційних територій і визначення растрових змін;
- оперативне визначення теплових аномалій и зон викидів, де концентрації небезпечних речовин перевищують ГДК;
- пошук ділянок, де розташовані джерела можливих випромінювань тепла з зонами забруднення, що формують небезпечні викиди (ТЕЦ, промислових підприємств, котельних та інших) від розміщень локалізованих джерел;
- залучення комп'ютерної обробки даних, що отримують завдяки інформації ДДЗ и ГІС - технологій;
- побудова динамічних моделей антропогенно-техногенного впливу за результатами космічної з'ємки і даним натурних спостережень;
- прогноз можливих переносів забруднень повітря у місті на основі аналізу метеорологічних факторів (дощів, вітру, тощо);
- оцінка впливу теплових островів на екологічний стан міста, як складової комплексного екологічного моніторингу;
- формування єдиної інформаційної бази даних на основі багаторічних спостережень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Варенцов М.И., Константинов П.И., Самсонов Т.Е., Репина И.А. Изучение феномена городского острова тепла в условиях полярной ночи с помощью экспериментальных измерений и дистанционного зондирования на примере Норильска / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли. – 2014. – Т.11. – С.329-337.
2. Городской остров тепла (Энциклопедия – метеорологический словарь) / [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.komimeteo.ru/encyclopedia/meteosl/>
3. Городские острова тепла изменяют окружающую среду / Новости от ФОБОС [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: www.meteovesti.ru
4. Индекс жары (heat index) [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://thermo.karelia.ru/index.shtml>
5. Исаков С.В., Шкляев В.А. Определение суммарного влияния антропогенноизменных поверхностей на возникновение эффекта «городского острова тепла» с использованием геоинформационных систем / Вестник Оренбургского гос. ун-та, -№1(162), 2014.- С.178-182.
6. Исследование городских территорий по тепловым снимкам (обзор литературы) / Использование космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне для географических исследований [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/start.htm
7. Кораблева Е.Г., Ленская О.Ю. Исследования острова тепла города Челябинска в зимний период – Вестник Челябинского гос. ун-та. – 2010. - №8 (189) / Экология. Природопользование. – Вып.4. – С.15-23.

8. Крылова А.Б. Мониторинг формирования и развития «теплового острова» города Киева / Український журнал дистанційного зондування Землі, – 2 (2014). – С.35-37.
9. Оценка уязвимости к изменению климата: Украина / Климатический форум восточного партнерства (КФВП) и Рабочая группа неправительственных организаций по вопросам изменения климата (РГ НУО ВИК), 2014 – 76.с.
10. Пененко В.В., Цветова Е.А. Математические модели для изучения рисков загрязнения природной среды – Прикладная механика и техническая физика. – 2004. – Т.45. - №2. – С.136-146.
11. Скрыбин В.И. Температурное поле. Уравнение теплопроводности (курс лекций по теплотехнике) [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/teplotehnika/index.html>
12. Сю Танг. Изменения в городской окружающей среде, обусловленные урбанизацией, и связанные с этим требования к обслуживанию (Новые задачи для метеорологического обслуживания в изменяющейся городской окружающей среде - Статьи) / [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: http://www.wmo.int/pages/publications/bulletin_ru/index_ru.html
13. Эффект теплового острова (зеленая энциклопедия) [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://greenevolution.ru>
14. HEAT AND DISCOMFORT INDEX [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat
15. Heat Island Effect (EPA – Unated States Environmental Protection Agency) [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <https://www.epa.gov/heat-islands>
16. The Urban Heat Islands (UHIs) Effect / [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.urbanheatislands.com/>
17. Turkish Scientists Confirm UHI Effect Is Overstating Global Warming - 4 Degree UHI Impact Documented / C3D Headlines – Climate Conservative Consumer [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.c3headlines.com/2012/09/turkish-scientists-confirm-uhi-effect-is-overstating-global-warming-4-degree-uhi-impact-documented.html>
18. Urban heat island (Enciclopedic Entry) / National Geographic – Education [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://education.nationalgeographic.org/encyclopedia/urban-heat-island/>
19. What is the heat index? [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.srh.noaa.gov/ama/?n=heatindex>
20. Yasin Toparlar, Bert Bloken. Феномен городского острова тепла / Здания высоких технологий, весна 2015 [Електроні дані] / Электронный ресурс – Режим доступа: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_articles/240.pdf

УДК 621.396.4

¹А.Ф. Никулин
д-р техн. наук

²А.И. Лысенко
д-р техн. наук

³С.Н. Чумаченко
д-р техн. наук

⁴Е.Н. Тачинина
канд. техн. наук

НОВАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛА ОБОБЩЕННОЙ РАБОТЫ В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫМИ БПЛА

Предложена новая интерпретация функционала обобщенной работы в задачах оптимального управления малогабаритными беспилотными летательными аппаратами

Введение

В настоящее время широкое применение получили беспилотные летательные аппараты (БПЛА), этому способствуют новейшие достижения в области электроники, вычислительной техники, средств связи и систем управления.

Интенсивная разработка БПЛА многократного применения является характерной тенденцией развития мирового авиастроения в настоящее время и в ближайшей перспективе.

Перспективными областями применения БПЛА являются: обследование территорий для поиска очагов пожаров, загрязнений, картографирование местности, поиск людей на суше и на воде, применение в военных областях, при этом наиболее эффективным с точки зрения затрат является применение малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (МБПЛА).

Преимуществами малогабаритных БПЛА являются: высокая мобильность, многофункциональность, относительная дешевизна конструкции. При этом к бортовому оборудованию таких БПЛА предъявляются жесткие массогабаритные требования, которые обуславливают применение методов оптимального управления, обеспечивающие высокое качество их функционирования при экономии ресурсов, повышении быстродействия и наложении различного рода ограничений.

Развитие математического аппарата для разработки оптимальных по быстродействию вычислительных алгоритмов при этом строится на основе использования классических критериев оптимальности.

Решение задач оптимального управления с использованием классических методов вариационного исчисления, принципа Понтрягина Л.С. [7], динамического программирования Беллмана [1], численных методов математического программирования, связано с решением двухточечной краевой задачи [2], и для нелинейных систем требует высоких вычислительных затрат, препятствующих реализации этих методов в процессе полета. Это является существенным недостатком синтеза управления. В результате использования этих методов получается программное управление, не способное эффективно решать задачу приведения МБПЛА в заданное состояние без корректировки самого алгоритма управления при изменении параметров исходной системы и условий ее функционирования.

В связи с этим, для автоматического управления МБПЛА предпочтительны адаптивные алгоритмы с малым объемом вычислений, способны формировать управление в изменяющихся условиях полета. К таким методам в теории оптимального управления относится метод оптимизации по функционалу обобщенной работы Красовского А.А. Здесь

задание требований на конечное состояние выполняется путем подбора соответствующей части качества и приводит к компромиссному результату.

Для формирования оптимального управления БПЛА необходимо в реальном масштабе времени получать данные о параметрах движения. Использование адаптивной модели для расчёта оптимальной траектории особо актуально, поскольку позволяет формировать траектории полёта с приемлемой точностью, в том числе при сокращении объёма данных о текущем положении БПЛА.

В данной статье рассматривается задача формирования оптимального управления полётом МБПЛА как твёрдым телом в пространстве при одновременном выполнении требований к минимизации энергетических затрат на управление полетом.

Постановка задачи

МБЛА как объект управления представляет собой сложную динамическую систему. Рассмотрим задачу оптимального управления динамической системой с учётом ограничений на управление при одновременном выполнении требований к минимизации энергетических затрат.

Задачу автоматического управления МБПЛА, рассматриваемую ниже, можно назвать двухуровневой. Сущность этой задачи состоит в следующем.

Имеется динамическая система

$$\dot{\delta} = f(x, u, W_1, t), \quad (1)$$

$$\delta \in E^n, u \in E^{m_u}, W_1 \in E^{m_{W_1}},$$

где x - вектор фазового состояния, u и W_1 - векторные управления, которую необходимо перевести из состояния

$$(\delta(t_0), t_0) \in Q_0 \quad (2)$$

в состояние

$$(\delta(t_f), t_f) \in Q_f \quad (3)$$

так, чтобы минимизировать критерий

$$I = S(\delta(t_f), t_f) + \int_{t_0}^{t_f} L(x, u, W_1, W_2, t) dt \rightarrow \min_{u(\cdot)} \quad (4)$$

где W_2 - в общем случае матричная функция управления размера $m_2 \times m_2^*$, при условии, что $W_1 = W_1(\hat{x}, \hat{u}, t)$ и $W_2 = W_2(\hat{x}, \hat{u}, t)$ известные функции времени и оптимальных значений

фазовых координат и управлений, т.е. $I = I(\delta(t_0), t_0; \delta(t_f), t_f; u(\cdot), x(\cdot))|_{W_i(\hat{x}, \hat{u}, t)(i=1,2)}$.

Поставленную задачу назовем задачей первого уровня. Ее решение методом минимума дают следующие уравнения [3,4,5]:

$$\frac{\partial H}{\partial u} \Big|_{\wedge} = 0, \quad (5)$$

$$\dot{\lambda} + \frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{\wedge} = 0, \quad (6)$$

$$\dot{\hat{x}} = f(\hat{x}, \hat{u}, W_1(\hat{x}, \hat{u}, t), t), \quad (7)$$

$$(\delta(t_0), t_0) \in Q_0, (\delta(t_f), t_f) \in Q_f, \quad (8)$$

где $H(\hat{x}, \hat{u}, \lambda, t) = \left[\begin{array}{l} L(\hat{x}, \hat{u}, W_1, W_2, t) + \\ + \lambda^T f(\hat{x}, \hat{u}, W_1, t) \end{array} \right] \Big|_{W_i(\hat{x}, \hat{u}, t)(i=1,2)}$ и методом динамического программирования решение описывается уравнениями

$$\frac{\partial}{\partial u} \left[L(\hat{x}, u, W_1, W_2, t) + \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T \Big|_{\wedge} f(\hat{x}, u, W_1, t) \right] = 0, \quad (9)$$

$$-\frac{\partial V}{\partial t} = L(\hat{x}, \hat{u}, W_1, W_2, t) + \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T \bigg|_{\Lambda} f(\hat{x}, \hat{u}, W_1, t), \quad (10)$$

$$V(\tilde{\delta}(t_f), t_f) = S(\tilde{\delta}(t_f), t_f); \quad (11)$$

$$\dot{\tilde{\delta}} = f(\tilde{\delta}, \hat{u}, W_1, t); \quad (12)$$

$$(\tilde{\delta}(t_0), t_0) \in Q_0, \quad (\tilde{\delta}(t_f), t_f) \in Q_f, \quad (13)$$

$$V(\tilde{\delta}(t), t) = \left[\begin{array}{l} \min_{u^{(i)}} \int_i^{t_f} L(x, u, W_1, W_2, t) dt + \\ + S(\tilde{\delta}(t_f), t_f) \end{array} \right]_{W_i(\hat{x}, \hat{u}, t) (i=1,2)}$$

где Задачу второго уровня составляют уравнения (5-8) или (9-13). Ее решение состоит в выборе управлений

$W_i(\hat{x}, \hat{u}, t)$ ($i=1, 2$), которые бы обеспечили уравнениям (5-8) или (9-13) выгодные свойства.

Рассмотрим несколько подходов, позволяющих дать содержательное толкование второму уровню задачи:

1. Пусть динамическая система (1) обладает управлениями различной эффективности, часть из которых может отнесена к вектору U , а другая часть - к вектору W_1 . Решая задачу на втором уровне будем искать такие управления W_1 , которые бы обеспечивали наиболее благоприятные условия для применения управлений первого уровня U .

Так, например, в качестве W_1 могут рассматриваться управления, определяющие конфигурацию объекта. Возникает возможность подстраивать объект с помощью W_1 так, чтобы управление ним с помощью U было наиболее эффективным.

2. Управление W_2 воздействует на уравнения, по которым вычисляется управление U , придавая этому управлению дополнительные свойства, которые, в конечном счете, сказываются на характере движения системы (1). Используя концепцию управления W_2 , можно решать с одной стороны, проблему выбора весовых коэффициента функционала (4), рассматривая эти коэффициенты как управление W_2 , а с другой стороны управлять сложностью уравнений, по которым вычисляется управление U . В частности, последнее предложение имеет смысл в случае неточного значения параметров объекта управления, вследствие чего нет необходимости абсолютно точно решать уравнения, определяющие оптимальное управление.

Кроме того, такой подход можно рассматривать, как один из способов осуществления редукции математических моделей оптимальных процессов (7) или (8) [4].

3. В случае некоректно поставленных задач имеет смысл использовать управление W_2 в качестве стабилизирующей добавки к функционалу, что позволит организовать устойчивую процедуру приближенного нахождения оптимального управления [6].

Способ отыскания $W_i(\hat{x}, \hat{u}, t)$ ($i=1, 2$) существенно зависит от исходного представления критерия и модели объекта. Рассмотрим некоторые конструктивные результаты, полученные при использовании второго подхода в случае, когда

$$f(x, u, W_1, t) = \varphi(x, t) + \psi(x, u, W_1, t), \quad (14)$$

$$L(x, u, W_1, W_2, t) = Q(x, t) + Z(x, u, W_1, W_2, t),$$

(15)

Гамильтониан принимает вид

$$H(x, u, W_1, W_2, \lambda, t) = Q(x, t) + \lambda^T \varphi(x, t) + Z(x, u, W_1, W_2, t) + \lambda^T \psi(x, u, W_1, t). \quad (16)$$

Исследуем его на минимум по U :

$$\left(\frac{\partial H}{\partial U}\right)^T = \left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T + \lambda^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right)^T = 0 \quad (17)$$

Из соотношения (17) получаем, что

$$\lambda^T \Psi = -\left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right)^{-1} \Psi \quad (18)$$

После подстановки $\lambda^T \Psi$ в (16) находим выражение для минимизированного гамильтониана

$$H(x, u, W_1, W_2, \lambda, t) = Q(x, t) + Z(x, u, W_1, W_2, t) + \lambda^T \varphi(x, t) - \left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right)^{-1} \Psi = Q(x, t) + \lambda^T \varphi(x, t), \quad (19)$$

где управления W_1 и W_2 выбраны так, чтобы выполнялось равенство

$$Z(x, u, W_1, W_2, t) - \left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right)^{-1} \Psi = 0 \quad (20)$$

Учитывая (14), (15), (19), (20), результат решения задачи второго уровня, задаваемой уравнениями (5)- (8) или (9)- (12), запишется соответственно в виде

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T \Big|_{\wedge} + \lambda^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right) \Big|_{\wedge} = 0, \quad (21)$$

$$\lambda + \left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) \Big|_{\wedge} + \lambda^T \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right) \Big|_{\wedge} = 0, \quad (22)$$

$$\hat{x} = \varphi(\hat{x}, t) + \psi(\hat{x}, \hat{u}, W_1, t), \quad (23)$$

$$(\hat{\delta}(t_0), t_0) \in Q_0, (\hat{\delta}(t_f), t_f) \in Q_f, \quad (24)$$

$$Z(\hat{x}, \hat{u}, W_1, W_2, t) - \left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T \Big|_{\wedge} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right)^{-1} \Big|_{\wedge} \Psi \Big|_{\wedge} = 0. \quad (25)$$

или

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T \Big|_{\wedge} + \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^T \Big|_{\wedge} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right) \Big|_{\wedge} = 0, \quad (26)$$

$$-\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right)^T \Big|_{\wedge} = Q(\hat{x}, t) + \left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^T \Big|_{\wedge} \varphi(\hat{x}, t), \quad (27)$$

$$V(\hat{\delta}(t_f), t_f) = S(\hat{\delta}(t_f), t_f), \quad (28)$$

$$\hat{x} = \varphi(\hat{x}, t) + \psi(\hat{x}, \hat{u}, W_1, t), \quad (29)$$

$$(\hat{\delta}(t_0), t_0) \in Q_0, (\hat{\delta}(t_f), t_f) \in Q_f, \quad (30)$$

$$Z(\hat{x}, \hat{u}, W_1, W_2, t) - \left(\frac{\partial Z}{\partial U}\right)^T \Big|_{\wedge} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial U}\right)^{-1} \Big|_{\wedge} \Psi \Big|_{\wedge} = 0. \quad (31)$$

где учтено, что $\lambda = \partial V / \partial x \Big|_{\wedge}$. Отметим, что уравнения (21)- (25) или (26)- (31) дают решения двухуровневой задачи в целом.

Рассмотрим рекуррентную процедуру поиска решения двухуровневой задачи, позволяющую получить последовательность $\{\hat{x}^L, \hat{u}^L, W_1^L, W_2^L\}$, которая может быть использована при решении задач оптимального управления полётом МБПЛА с учётом ограничений на управление при одновременном выполнении требований к минимизации энергетических затрат.

Пусть известен $L-1$ -й член последовательности: $\{\hat{x}^{L-1}, \hat{u}^{L-1}, W_1^{L-1}, W_2^{L-1}\}$.

Запишем выражение для минимума гамильтониана по управлению, соответствующее L -му члену последовательности, и выполним его разложение в ряд Тейлора в окрестности значения \hat{u}^{L-1} :

$$\begin{aligned}
H^L &= Q(\hat{x}^L, t) + \lambda^{LT} \phi(\hat{x}^L, t) + Z(\hat{x}^L, \hat{u}^L, W_1^L, W_2^L, t) - \left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right)^{-1} \Psi \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^L \\ W_1^L \\ W_2^L}} = \\
&= Q(\hat{x}^L, t) + \lambda^{LT} \phi(\hat{x}^L, t) + Z(\hat{x}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t) + \left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right) \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} (\hat{u}^L - \hat{u}^{L-1}) + R_Z(\hat{x}^L, \hat{u}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t) - \\
&- \left[\left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right)^{-1} \Psi \right] \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} - \left\{ \frac{\partial}{\partial u} \left[\left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right)^{-1} \Psi \right] \right\} \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} \times (\hat{u}^L - \hat{u}^{L-1}) + R_\Psi(\hat{x}^L, \hat{u}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t)
\end{aligned} \tag{32}$$

где R_Z и R_Ψ -остаточные члены разложения в ряд Тейлора функций соответственно Z и $\left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right)^{-1} \Psi$. Управление W_1^L и W_2^L будем искать, используя условия

$$Z(\hat{x}^L, \hat{u}^L, W_1^L, W_2^L, t) - (\partial Z / \partial u)^T (\partial \psi / \partial u)^{-1} \psi \Big|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} + R_Z(\hat{x}^L, \hat{u}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t) - R_\Psi(\hat{x}^L, \hat{u}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t) = 0. \tag{33}$$

Тогда гамильтониан (32) запишется в виде

$$H^L = Q(\hat{x}^L, t) + \lambda^{LT} \phi(\hat{x}^L, t) + D(\hat{x}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t)(\hat{u}^L - \hat{u}^{L-1}),$$

где

$$D(\hat{x}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t) = \left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} (\hat{u}^L - \hat{u}^{L-1}) - \left\{ \frac{\partial}{\partial u} \left[\left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T \left(\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right)^{-1} \Psi \right] \right\} \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} (\hat{u}^L - \hat{u}^{L-1})$$

Окончательно рекуррентная процедура поиска решения двухуровневой задачи описывается уравнениями

$$\begin{aligned}
& - \left[\left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T + \lambda^{LT} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right) \right] \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} = 0, \\
& \lambda^L + \frac{\partial Q(\hat{x}^L, t)}{\partial \hat{x}^L} + \lambda^{LT} \frac{\partial \phi(\hat{x}^L, t)}{\partial \hat{x}^L} + \frac{\partial D(\hat{x}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t)}{\partial \hat{x}^L} (\hat{u}^L - \hat{u}^{L-1}) = 0, \\
& \dot{\hat{x}}^L = \phi(\hat{x}^L, t) + \psi(\hat{x}^L, \hat{u}^L, W_1^L, W_2^L, t),
\end{aligned}$$

$(\hat{x}^L(t_0), t_0) \in Q_0, (\hat{x}^L(t_f), t_f) \in Q_f, L = 1, 2, \dots$ при использовании принципа минимума и уравнениями

$$\begin{aligned}
& \left[\left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^T + \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^L \left(\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right) \right] \Bigg|_{\substack{\hat{x}^L \\ \hat{u}^{L-1} \\ W_1^L \\ W_2^L}} = 0, \\
& - \frac{\partial V(\hat{x}^L, t)}{\partial t} = Q(\hat{x}^L, t) + \left(\frac{\partial V(\hat{x}^L, t)}{\partial \hat{x}^L} \right)^T \phi(\hat{x}^L, t) + D(\hat{x}^L, \hat{u}^{L-1}, W_1^L, W_2^L, t)(\hat{u}^L - \hat{u}^{L-1}), \quad V(\hat{x}^L(t_f), t_f) = S(\hat{x}^L(t_f), t_f), \\
& \dot{\hat{x}}^L = \phi(\hat{x}^L, t) + \psi(\hat{x}^L, \hat{u}^L, W_1^L, W_2^L, t), \quad (\hat{x}^L(t_0), t_0) \in Q_0, (\hat{x}^L(t_f), t_f) \in Q_f, L = 1, 2, \dots
\end{aligned}$$

при использовании динамического программирования с учетом в обоих случаях соотношения (33), а также при условии применения уравнений (21-25) или (26)-(31) для отыскания $\{x^b, u^b, W_1^0, W_2^0\}$.

Отметим, что дальнейшие конструктивные результаты зависят от вида функций $Z(x, u, W_1, W_2, t)$ и $\psi(x, u, W_1, t)$.

Выводы

Таким образом, рекуррентный алгоритм аналитического конструирования по Красовскому А.А. позволяет в полной мере использовать вычислительные процедуры, разработанные в настоящее время для решения известных уравнений аналитического конструирования по функционалу обобщенной работы. Методика решения двухуровневых задач, изложенная в данной статье может быть использована для различных типов многогабаритных беспилотных летательных аппаратов. Данная работа является продолжением и развитием ряда исследований по оптимальному управлению МБПЛА связанных с оптимизацией по критерию Красовского А.А, с построением управления по алгоритму последовательной оптимизации с рассмотрением иерархии целевых функционалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белман Р. Динамическое программирование. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 400 с.
2. Бертсекас Д. Условная оптимизация и методы множителей Лагранжа. – М.: Наука, 1987. – 400 с.
3. Колмановский В.Б. Задачи оптимального управления // Соросовский Образовательный Журнал. 1997.– С. 121-127.
4. Красовский А.А., Буков В.Н., Шендрик В.С. Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными процессами. – М.: Наука, 1977. – 270 с.
5. Красовский А.А. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование. – М.: Наука, 1973. – 560 с.
6. Лысенко А.И. Синтез ветвящихся траекторий оптимальных по критерию обобщенной работы// Алгоритмическое обеспечение интегрированных бортовых комплексов. – М.: ВВИ им. проф. Н.Е. Жуковского, 1987 – 1987. – С. 46-52.
7. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 3-е изд., 1976. – 392 с.

Дубровина Н.А.

Бойко В.В.

Замятин П.Н.

Гуров А.М.

Филип С.

Замятин Д.П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ УРОВНЯ РИСКОВ ТРАВМАТИЗМА И СМЕРТНОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДТП

Введение. Гибель и травмирование людей в результате дорожно-транспортных происшествий являются одними из острых вопросов, которые рассматриваются в рамках концепции европейской безопасности [1, 3, 6, 13, 14]. Особое внимание проблеме смертности и травматизма в результате ДТП, сравнительному анализу этих показателей по различным странам мира уделяется в периодических отчетах Всемирной организации здравоохранения [13, 14]. По данным Евростата более чем 100 человек ежедневно или около 40 тысяч жителей Евросоюза ежегодно гибнет в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Более 40% всех жертв (около 17 тысяч человек) – это пешеходы, велосипедисты, водители и пассажиры мотоциклов и мопедов. По данным ежегодных опросов в странах ЕС более 3 млн. человек ежегодно получают травмы различной степени тяжести в результате ДТП. В течение последних десятилетий странам ЕС удалось добиться определенных успехов в снижении травматизма и смертности на дорогах, так в 1972 г. количество дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом составляло более 93 тысяч, а к 2008 г. это количество снизилось до 39 тысяч, т.е. более, чем на 50% [14].

Для обеспечения скоординированных действий по программам безопасности на дорогах в ЕС был создан в 1993 г. специальный Европейский Совет Транспортной Безопасности (European Transport Safety Council или ETSC). Европейский Совет Транспортной Безопасности (ETSC) объединяет более 40 национальных организаций по дорожно-транспортной безопасности из стран ЕС, Швейцарии и Норвегии; в работе ETSC участвует более 200 независимых экспертов из более, чем 30 европейских стран [14]. Задачами ETSC являются: разработка научных и практических рекомендаций к формированию общеевропейской и национальных стратегий безопасности на дорогах; комплексное изучение показателей смертности и травматизма в результате использования всех видов транспортных средств; выявление зон повышенного риска дорожно-транспортных происшествий и обеспечение эффективных мероприятий по его снижению; формирование программ по созданию безопасной дорожно-транспортной инфраструктуры, обеспечению безопасности транспортных средств; проведение образовательных программ для участников дорожно-транспортного движения, полицейских структур, парамедицинских служб, системы неотложной медицинской помощи и т.п.

В связи с актуальностью проблемы безопасности на дорогах в странах ЕС, особенно в бывших постсоциалистических странах, таких как Польша, Словакия, Венгрия и др., проводятся многочисленные исследования, направленные на выяснение ситуации и идентификации рисков ДТП и их последствий на национальном, региональном и локальном уровнях. Математико-статистическое исследование показателей травматизма и смертности, анализ пространственного распределения этих показателей на примере ряда стран Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ) проводился в ряде работ [2, 3, 5, 7, 12].

В тоже время для разработки комплексных стратегий безопасности на дорогах на национальном и локальном уровнях необходимо определить факторы риска и оценить уровень безопасности с помощью интегральной характеристики.

Цели исследования. В данной статье были поставлены следующие цели: выявить основные факторы, способствующие созданию повышенной опасности на дорогах; на основе обзора литературы охарактеризовать основные виды травм в результате ДТП и их влияние на показатели летальности; оценить уровень рисков ДТП и их последствий на региональном уровне на примере 6 стран ЦВЕ; определить уровень безопасности на региональном уровне на примере 6 стран ЦВЕ; на основе результатов проведенного исследования и опыта стран ЦВЕ сформулировать общие рекомендации по снижению факторов риска ДТП и обеспечению более высокого уровня безопасности на дорогах.

Материалы и методы. В данном исследовании применялись методы сравнительного анализа, методы математической статистики и пространственной эконометрики, методы многомерного статистического анализа (кластерный анализ с использованием метода k-средних и методы таксономии, основанные на расчете интегральных показателей). Для расчетов использовались такие пакеты, как Statistica, R, Excel [4, 9, 11]. Исходными данными для анализа послужили статистические данные Евростата, материалы отчетов и статей, посвященных проблемам травматизма и смертности в результате ДТП, оценки возможных рисков и пр.

Основные результаты. В результате дорожно-транспортных происшествий, сопровождающихся травмированием и смертью пострадавших, наблюдается различный характер рисков травм для различных участников: водителей, пассажиров, пешеходов, мотоциклистов или велосипедистов. Как следует из данных различных исследований, наиболее высокий риск травм и летальных исходов при ДТП наблюдается у пешеходов, велосипедистов и мотоциклистов, которые при столкновении с транспортным средством менее защищены, чем водители или пассажиры.

Учитывая, что при тяжелых ДТП, пострадавшие имеют сложные политравмы, степень выживаемости существенно зависит от оперативности и компетентности оказания первой медицинской и неотложной помощи. В свою очередь координация работы полицейских служб, парамедиков, неотложной помощи зависит от многих факторов и существенно отличается в различных странах [8]. В экономически менее развитых и бедных странах, большая половина жертв тяжелых ДТП, умирает в первые часы после инцидента. Так, по данным А.Кумар [10], среди жертв тяжелых ДТП в Индии, 39.84% погибли на месте и 28.51% - в течение первых суток. Всего 8.47% пострадавших выживали в течение 4-7 дней после тяжелого ДТП и 8.82% - в течение следующих 8-14 дней.

В развитых европейских странах, с хорошо организованной работой различных служб безопасности на дорогах, наблюдаются гораздо меньшие показатели смертности пострадавших в результате ДТП [3, 13, 14].

В работах были проанализированы распределения показателей смертности в результате ДТП (на 100 тыс. населения) для регионов NUTS2 исследуемых стран ЦВЕ за период 2001-2010 гг. и установлены существенные различия показателей смертности в результате ДТП, как по странам, так и по отдельным регионам [3, 5, 7].

Сравнивая показатели частоты ДТП в указанных странах и в их регионах, следует отметить, что данные показатели отличаются в несколько раз или даже десятков раз. Наибольшее число регистрируемых ДТП на 100 км наблюдается в Германии и Чехии. Кроме того, заметно явное значительное повышение частоты ДТП в столицах или столичных регионах, там где наблюдается ежедневное интенсивное движение транспортных средств и пешеходов, и где возможности транспортных развязок ограничены. Также довольно высокие показатели частоты ДТП в метрополиях и в регионах, расположенных на пересечении интенсивных транспортных коммуникаций.

Наименьшие значения процента погибших в результате ДТП отмечаются в Германии и Австрии (до 2% от числа пострадавших), а наибольшие – в Польше (до 12%).

В работах [5, 7] для анализа характера пространственного распределения показателей частоты ДТП, процента травмированных и погибших, были использованы методы пространственной статистики и эконометрики [4, 9].

Для показателей частоты ДТП на 100 км, представленных по 84 регионам NUTS2 6 стран ЦВЕ, были рассчитаны значения коэффициентов Морана, характеризующие степень

пространственной корреляции показателей. Для данных 2010 г. значение коэффициента Морана составило 0.35, что указывает на наличие умеренной пространственной корреляции для частоты ДТП. Значение коэффициента Морана для показателей количества травмированных в результате ДТП составило 0.42 для данных 2010 г., что также свидетельствует о наличии умеренной пространственной корреляции этих показателей. Визуальный анализ карт отчетливо показал, что видно наличие кластеров, образованных группами регионов NUTS2, с более высокими или более низкими значениями количества травмированных в результате ДТП.

Для более подробной характеристики регионов и анализа рисков травматизма и смертности в результате ДТП нами были использованы четыре показателя: 1) количество дорожно-транспортных происшествий на 100 км дорог (переменная VAR1); 2) процент погибших в результате ДТП от общего количества пострадавших (переменная VAR2); 3) количество погибших в результате ДТП на 1 млн. жителей (переменная VAR3); 4) количество травмированных на 1 млн. жителей (переменная VAR4).

Для группировки регионов с учетом нескольких показателей, характеризующих риск травматизма и смертности в результате ДТП, был использован кластерный анализ (метод k-средних) и выделены четыре кластера.

Статистические характеристики полученных кластеров приведены в табл. 1.

Таблица 1. Средние и средние квадратические отклонения переменных VAR1- VAR4 для выделенных кластеров

Переменная	1-й кластер		2-й кластер		3-й кластер		4-й кластер	
	Среднее	Ср.кв. откл.	Среднее	Ср.кв. откл.	Среднее	Ср.кв. откл.	Среднее	Ср.кв. откл.
VAR1	150.04	83.49	4489.83	1511.32	113.6	72.98	95.25	439.64
VAR2	1.12	0.37	0.3	0.07	1.13	0.28	5.54	2.74
VAR3	49.57	17.09	14.94	4.08	66.15	15	88.71	25.48
VAR4	4350.89	422.69	4881.05	514.97	5808.81	602.45	1713.72	553.31

Источник: результаты исследования авторов по данным Евростата

По данным всей выборки по 84 регионам NUTS2 6 стран ЦВЕ (Германия Австрия, Чехия, Польша, Венгрия и Словакия) в 1-й кластер попали 28 регионов; во 2-й кластер – 3 региона; в 3-ем кластере оказалось 18 регионов, а в 4-м – 35 регионов.

Из 40 регионов NUTS2 Германии 28 регионов попало в 1-й кластер; 3 региона попали во 2-й кластер и 11 регионов – в 3-й кластер. Из 9 регионов Австрии 7 регионов попали в 3-й кластер и 2 региона – в 1-й кластер. В бывших постсоциалистических странах (Чехия, Польша, Венгрия и Словакия) все регионы оказались в 4-м кластере.

На основании полученных результатов разбиения регионов на кластеры можно сделать вывод о том, что в регионах Германии и Австрии наблюдаются риски частоты ДТП, травматизма и смертности в результате ДТП, характерные для 1-3 –го кластеров, в то время как для остальных 4-х стран Вышеградской группы характерны риски, присущие 4-му кластеру.

Для анализа обобщенной меры риска частоты ДТП, травматизма и смертности в результате ДТП нами был рассчитан интегральный показатель, идея которого основывается на методах таксономии и подробно описана в работах польских ученых Хельвига, Плюты, Млодака и др. [11]. В наших расчетах мы использовали подход, основанный на методе интегрального показателя с искусственным эталоном, когда среди всех нормированных значений признаков (переменных VAR1- VAR4) выбираются наилучшие (эталонные значения) и рассчитывается евклидово расстояние нормированных значений от эталонных. Поскольку разные показатели могут иметь различный вклад в формирование интегрального показателя, то в наших расчетах для свертки значений показателей 4-х мерного пространства признаков, мы использовали взвешенное расстояние нормированных значений от эталонных.

Ниже приведены формулы, которые использовались при расчетах интегральной меры оценки риска частоты ДТП, травматизма и смертности.

1. Расчет нормированных значений для переменных VAR1- VAR4:

$$x_{i,j}^S = \frac{(x_{i,j} - \bar{x}_j)}{\sigma_{x_j}},$$

где $x_{i,j}^S$ - нормированные (стандартизованные) i -тые значения для переменной j , $j = \overline{1,4}$ $i = \overline{1,84}$, $x_{i,j}$ - i -тые исходные значения для переменной j ; \bar{x}_j - среднее значение для переменной j .

2. Выбор наилучших (эталонных) значений по всем признакам для исходной выборки:

$$x_j^e = \min_i x_{i,j}^S,$$

где x_j^e - эталонное, в данном случае минимальное значение, для переменной j .

3. Расчет отклонений нормированных значений от эталонных для всех значений i ($i = \overline{1,84}$) переменных j ($j = \overline{1,4}$):

$$\Delta x_{i,j}^S = (x_{i,j}^S - x_j^e),$$

где $\Delta x_{i,j}^S$ - отклонения нормированных значений i переменной j от эталонных значений.

4. Расчет взвешенного расстояния отклонений нормированных значений от эталонных для всех значений i ($i = \overline{1,84}$) переменных j ($j = \overline{1,4}$)

$$d_i = \left[w_1 \cdot (\Delta x_{i,1}^S)^2 + w_2 \cdot (\Delta x_{i,2}^S)^2 + w_3 \cdot (\Delta x_{i,3}^S)^2 + w_4 \cdot (\Delta x_{i,4}^S)^2 \right]^{1/2},$$

где d_i - значения средневзвешенных расстояний отклонений нормированных значений от эталонных, w_j - весовые коэффициенты, определяющие важность каждого признака в формировании комплексной меры.

Эти коэффициенты определяются экспертным путем. В нашем исследовании $w_1 = 0.15$; $w_2 = 0.3$; $w_3 = 0.3$ и $w_4 = 0.25$. Таким образом, показатели смертности имеют наибольший вклад при оценке риска, затем по степени важности следует показатель травматизма и меньшее влияние на интегральную оценку оказывает частота ДТП. Следует отметить, что ввиду более развитой технической инфраструктуры и более четкой работы постов дорожно-транспортной полицейской службы, в развитых странах Западной Европы по сравнению с Восточной Европой регистрируется больше дорожно-транспортных происшествий, начиная от незначительных, не повлекших за собой травмы и гибель людей, и заканчивая тяжелыми ДТП.

5. На основании значений d_i рассчитывается величина Safety Index как интегральная мера оценки безопасности, основанная на измерении влияния факторов риска. Данная величина определяется по следующей формуле:

$$I(SI)_i = 1 - \frac{d_i}{\bar{d} + 3 \cdot \sigma_d},$$

где $I(SI)$ - оценка величины уровня безопасности (Safety Index) в регионе с точки зрения рисков дорожно-транспортных происшествий, \bar{d} - среднее значение величин d_i , σ_d - среднее квадратическое отклонение для величин d_i .

В табл. 2 приведены результаты распределения рассчитанных значений уровня безопасности $I(SI)$ в регионах NUTS2 6 стран ЦВЕ.

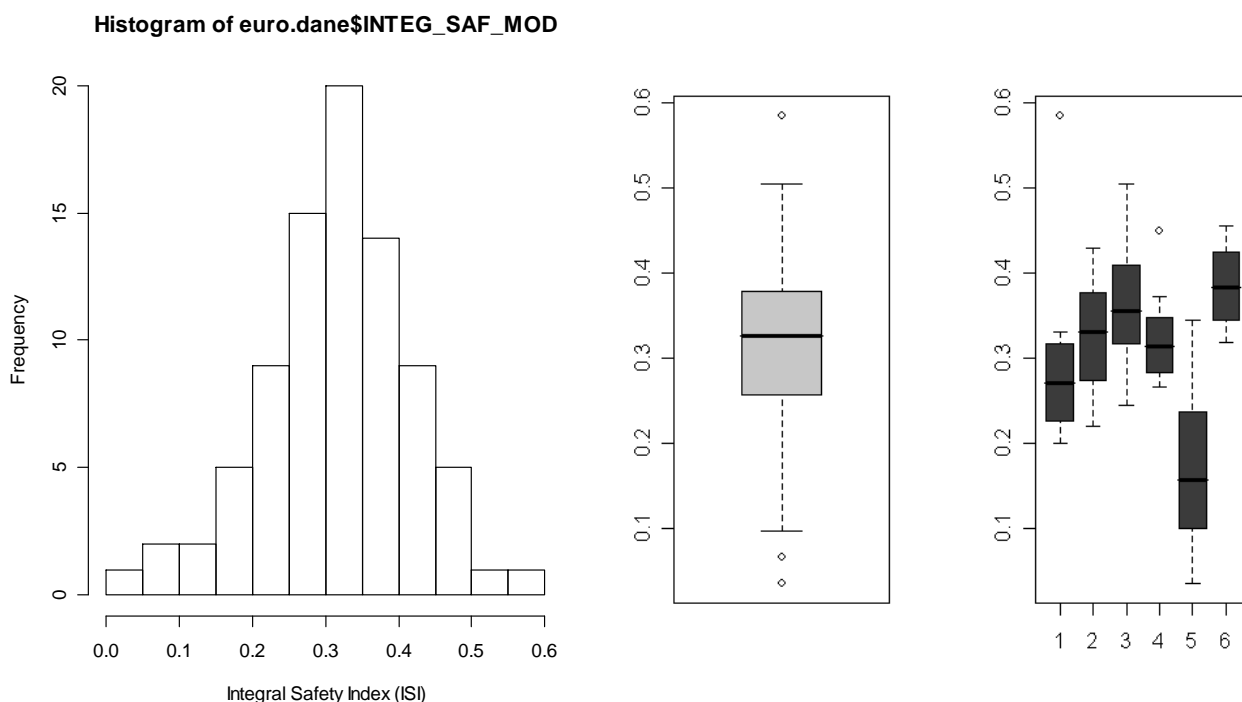
Таблица 2. Результаты распределения рассчитанных значений уровня безопасности $I(SI)$

	Страна	Мин. значение	Нижний квартиль	Среднее значение	Медиана	Верхний квартиль	Макс. значение
1	Австрия	0.2008	0.2264	0.2991	0.2710	0.3169	0.5855
2	Чехия	0.2203	0.2821	0.3266	0.3310	0.3643	0.4300
3	Германия	0.2443	0.3214	0.3606	0.3559	0.4094	0.5047
4	Венгрия	0.2657	0.2837	0.3277	0.3145	0.3485	0.4495
5	Польша	0.03488	0.10130	0.17520	0.15770	0.23100	0.34520
6	Словакия	0.3181	0.3591	0.3854	0.3837	0.4100	0.4561

Источник: результаты расчетов авторов по данным Евростата

Оценка уровня безопасности (Safety Index) изменяется в пределах от 0 до 1. Чем ближе значение $I(SI)$ к 1, тем более безопасная ситуация в регионе с точки зрения ДТП и их последствий. И, наоборот, значения $I(SI)$, близкие к 0, характеризуют крайне низкий уровень безопасности.

Как видно из данных табл. 2 и рис. 1, наблюдаются существенные отличия значений уровня безопасности, как по странам, так и по отдельным регионам с точки зрения обобщенных рисков дорожно-транспортных происшествий и их последствий.



а) гистограмма $I(SI)$ для всей выборки б) мин и макс. значения, медианы и доверительные интервалы средних значений $I(SI)$ для всей выборки и отдельных стран

Рис.1. Характеристики распределения уровня безопасности $I(SI)$ по всей выборке и по отдельным странам

Источник: данные расчетов обработаны Н.А.Дубровиной в программе R

Следует отметить, что в целом распределение уровня безопасности $I(SI)$ для всей выборки близко к нормальному распределению Гаусса. В тоже время из графиков,

представленных на рис. 1 (б) видно, что в регионах Польши наблюдаются наиболее низкие значения уровня безопасности с точки зрения обобщенных рисков дорожно-транспортных происшествий.

Чехия, Венгрия и Словакия имеют более благополучную ситуацию по сравнению с Польшей, что также видно из данных табл. 2 и рис.1(б). Наиболее высокие показатели безопасности с точки зрения рисков дорожно-транспортных происшествий и их последствий отмечаются в Австрии и Германии.

На рис. 2 представлено пространственное распределение регионов с точки зрения характеристик возможных рисков частоты ДТП, травматизма и смертности в результате ДТП, и интегральной оценки уровня безопасности.

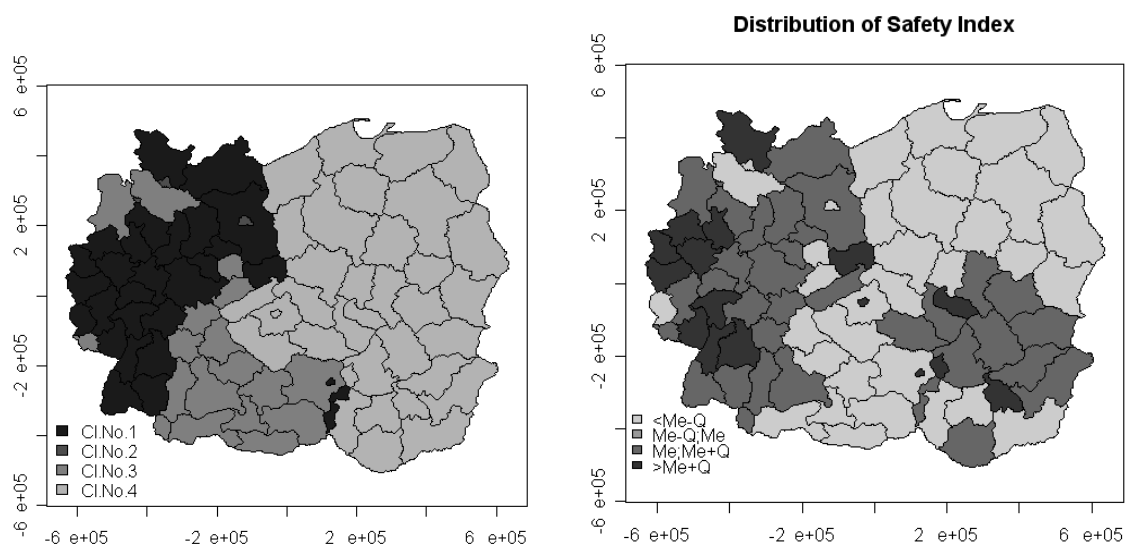


Рис. 2. Группировка регионов NUTS2 6 стран ЦВЕ по кластерам, характеризующим риски ДТП, и пространственное распределение значений уровня безопасности $I(SI)$

Источник: данные расчетов обработаны Н.А.Дубровиной в программе R

Как видно из карт, представленных на рис. 2, более светлые области, соответствующие 4-му кластеру характеристик рисков ДТП, и наименьшим значениям интегрального уровня безопасности приходятся на регионы Польши и частично Венгрии. Наиболее безопасные зоны, выделенные темным цветом, которые по характеристикам рисков относятся к 1-му и 3-му кластерам, принадлежат западным регионам Германии. Также видно, что в крупных столичных регионах в Австрии, Чехии, Словакии и Венгрии наблюдаются более высокие показатели уровня безопасности с точки зрения рисков ДТП их последствий. А в Германии (Берлин) и в Польше (Мазовецкое воеводство), напротив, показатели безопасности относительно низкие.

Выводы

Проведенный анализ рисков частоты дорожно-транспортных происшествий, травматизма и смертности в результате ДТП на региональном уровне для стран Центральной и Восточной Европы позволил сделать вывод об определенных пространственных особенностях распределения этих показателей, о неслучайном характере размещения их значений на географических картах территорий изучаемых стран ЦВЕ. Т.е. на основании методов пространственной статистики и эконометрики было показано наличие пространственной структуры распределения регионов по различным видам рисков дорожно-транспортных происшествий и их последствий, с помощью кластерного анализа выделены однородные группы (кластеры) регионов по уровню рисков частоты дорожно-транспортных

происшествий, травматизма и смертности. На основании анализа этих показателей была предложена интегральная мера оценки безопасности для регионов стран Центральной и Восточной Европы, позволяющая комплексно оценить влияние возможных видов рисков ДТП и их последствий на уровень безопасности для отдельных регионов или их групп.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы для совершенствования национальных и региональных программ дорожно-транспортной безопасности, разработки стратегий и мероприятий по уменьшению тех или иных видов рисков дорожно-транспортных происшествий и их последствий, присущих отдельным регионам. На основе анализа факторов рисков дорожно-транспортных происшествий и их последствий следует выявлять более детально причины, которые способствуют возникновению этих факторов, на локальном, региональном или национальном уровнях. С учетом этих причин необходимо разрабатывать комплекс целевых мероприятий, которые согласно рекомендациям Программы Всемирной Организации Здравоохранения, представленной в 2004 г. и посвященной проблеме обеспечения дорожно-транспортной безопасности, должны быть основаны на взаимодействии следующих пяти компонент: 1) роли правительства; 2) роли системы здравоохранения; 3) роли представителей отраслей, производящих транспортные средства; 4) роли представителей фондов и благотворительных организаций; 5) роли представителей местного населения, локальных социальных групп, общественных организаций [14].

Скоординированная работа этих важнейших компонент позволит придать программам обеспечения дорожно-транспортной безопасности более высокий государственный и общественный статус и способствовать их большей социально-экономической эффективности. Примером тому является опыт Германии и Австрии, где создание более гибких механизмов сотрудничества различных представителей государственных административных структур и местного самоуправления; согласованная работа дорожно-патрульных служб, подразделений спасателей и служб неотложной медицинской помощи; привлечение волонтеров для проведения различных образовательных программ, нацеленных на уменьшение видов рисков ДТП, связанных с человеческим фактором; использование разнообразных каналов финансирования позволило добиться меньших показателей смертности на дорогах и более высокого уровня дорожно-транспортной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналіз небезпек на транспорті та система реагування на них//Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 р. – С.64-83.
2. Бойко В.В., Замятин П.Н., Яковцов И.З., Крутько Е.Н., Лыхман В.Н., Замятин Д.П. Анализ тяжелых механических повреждений у пострадавших с травматической болезнью //Експериментальна і клінічна медицина. 2011. № 4(53). – С.143-146.
3. Гуров А.М., Замятин П.Н., Филип С., Дубровина Н.А., Замятин Д.П. Исследование показателей смертности в результате ДТП в странах ЦВЕ//Collections of Materials of the International Scientific Conference “Economics, Healthcare and Education in the Modern World”. October, 3-8, 2013. Opole. Poland. pp. 32-34.
4. Дубровина Н.А. Применение методов пространственной эконометрики в региональных исследованиях//Материалы Международной научно-практической конференции 27-28 мая 2010 г. Бизнес Информ. Харьков. ИД «ИНЖЭК», № 5(2), 2010. С.12-16.
5. Лабаш П., Бойко В.В., Гуров А.М., Замятин П.Н., Филип С., Дубровина Н.А., Несторенко Т.П., Замятин Д.П. Математико-статистический анализ региональных показателей смертности в результате ДТП на примере ряда стран ЦВЕ // Modern problems and prospects of Clinical Medicine, Healthcare and Pharmacy Development. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2014. pp. 98-113.
6. Сердюк А.М., Поліщук М.Є. Медичні та соціально-економічні проблеми травматизму//Профілактична медицина. Журн. НАМН України, 2011. т.17, № 3. – С.264-269.

7. Boyko V., Zamiatin P., Labas P., Filip S., Dubrovina N., Zamiatin P. Road safety issues: RTA death and injury rates in the countries of Central and Eastern Europe//Public Administration and Regional Development. School of Economics and Management of Public Administration. No.2 December, 2013. Vol.IX, pp.133-142.
8. Eid H.O., et al. Factors affecting anatomical region of injury, severity, and mortality for road trauma in a high-income developing country: Lessons for prevention. *Injury* (2008).
9. Kopczewska K. *Ekonometria i statystyka przestrzenna*. Wydanie I, Warszawa, 2006. – 162 s.
10. Kumar A., et al. Fatal road traffic accidents and their relationship with head injuries: An epidemiological survey of five years//*Indian Journal of Neurotrauma (IJNT)*, 2008. Vol. 5, No. 2, pp. 63-67.
11. Młodak A. *Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej*. Warszawa, Difin, 2006. – 261 s.
12. Sousek R., Dvorak Z. Risk identification In critical transport infrastructure in case of Central Europe with focus on transport of dangerous shipments //WMSCI 2009: The 13th world multi conference on systemics, cybernetics and informatics, Orlando, Florida, 2009. P. 374-377.
13. Whitelegg J., Haq G. *Vision Zero: Adopting a Target of Zero for Road Traffic Fatalities and Serious Injury*. Stockholm Environment Institute. Sweden, 2006. – 115 p.
14. World Health Organisation. *World report on road traffic injury prevention*, Geneva, 2004. - 66 p.

В.В. Бегун
к.т.н., доцент

В.Ф. Гречанинов
к.т.н.

В.П. Клименко
д.ф.-м.н., професор

П.П. Кропотов

ГАЛУЗЕВЕ КЕРІВНИЦТВО З РОЗРОБКИ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІТИКИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

В Україні, має бути розроблено положення про організацію управління ризиками на рівні галузі і держави в цілому. Центральні органи виконавчої влади, що повинні впроваджувати механізми регулювання безпеки на основі ризик-орієнтованого підходу, мають надати свої пропозиції відносно впровадження нової концепції. У статті розглянуте типові галузеві положення управління ризиком, зміст та етапи процесів перехідного періоду.

Ключові слова: *ризик, управління безпекою, план управління ризиком, критерії безпеки.*

P. Kropotov

P. Klymenko
Doctor of Physics and Mathematics, Professor

V. Begun
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

V. Grechaninov
Candidate of Technical Sciences

SECTORAL GUIDELINE ON DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF SAFETY MANAGEMENT POLICY

The safety management organizational regulation should be developed both at the sectoral and at the governmental levels. The government authorities, which are obliged to implement the safety management mechanisms based on risk-oriented approach, should give their propositions on new concept implementation. The typical sectoral safety management regulation with its scope and the stages of transition period is considered in this article.

Key words: risk, safety management, risk management plan, safety criteria.

Постановка проблеми. Згідно з розпорядженням Кабінету міністрів України від 25.03.2015 № 419-р. «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» п.5, має бути розроблено положення про організацію управління ризиками на рівні галузі і держави. Впровадження цього положення фактично має визначати перехід в управлінні безпекою на нову концепцію, а саме: ризик-орієнтований підхід (РОП). Проте, застосування аналізу та

менеджменту ризиків блокується усталеним у суспільстві розумінням безпеки як відсутності ризиків. Тому відомі у кращій світовій практиці процедури аналізу ризиків не використовуються у державному управлінні в Україні. Потрібні спеціальні зусилля для впровадження в практику, як систематичної оцінки імовірності можливих наслідків, так і можливих збитків від них: матеріальних збитків, можливих збитків для здоров'я людей, збитків для довкілля, репутаційних збитків. Виконання цих оцінок можливе методами математичного моделювання, експертного оцінювання у автоматизованому режимі.

Аналіз останніх досліджень. Проблема впровадження ринкових методів управління безпекою дискутується в нашій країні постійно вже більше 10 років, як у наукових та фахових виданнях, так й на наукових конференціях і семінарах. Тільки за участю авторів існує біля сотні публікацій, наприклад [1-3], але практичних кроків поки що дуже мало [4-7]. Рік тому проблему розглянуто навіть на засіданні Президії НАН України [8]. Нерозв'язаними раніше частинами загальної проблеми залишаються практичні кроки переходу управління безпекою у різних галузях виробництва.

Цілі дослідження. Цей проект положення розроблено на основі типових європейських проектів та стандартів з попередження небезпек на основі ризик-орієнтованого підходу [9, 10], відображує зміст і послідовність впровадження сучасних методів управління безпекою. Безумовно, у кожній галузі існує своя специфіка, усі дії і процедури процесів мають бути деталізовані та прив'язані до поточного часу, що і має стати задачею фахівців з безпеки галузі.

Основна частина. Розробка та реалізація політики управління ризиками має відбуватися за етапами, опис і зміст яких наведено нижче, а строки виконання кожного з етапів залежать від ступеня готовності галузі, відповідності її процесів світовим стандартам і нормам. Чим ближче організація виробництва та управління безпекою до світових норм, тим, звісно, коротше будуть терміни впровадження, оскільки у такому випадку деякі кроки вже виконані та впроваджені у галузі. Отже, етапи перехідного періоду:

ЕТАП 1. Розробка політики щодо управління ризиками та створення Галузевого комітету з управління ризиками.

ЕТАП 2. Визначення цілей політики управління ризиками на основі нової концепції.

ЕТАП 3. Інвентаризація даних для підготовки Плану управління ризиками у галузі.

ЕТАП 4. Розробка/оновлення Плану управління ризиками у галузі.

ЕТАП 5. Оприлюднення Плану управління ризиками у галузі з метою залучення громадськості.

ЕТАП 6. Розробка науково-дослідної програми.

ЕТАП 7. Розробка просвітницьких програм.

Опис етапів. ЕТАП 1. Розробка політики щодо управління ризиками та створення Галузевого комітету з управління ризиками.

Процес розробки галузевої політики щодо управління ризиками має розпочатися з дій, спрямованих на створення компетентного органу з питань управління ризиками - Галузевого комітету з питань управління ризиками, який має стати відповідальним за розробку та реалізацію політики з управління ризиками у галузі, що заснована на новій концепції. Головна мета цього етапу є забезпечення координації процесу на урядовому рівні і включення до складу координаційного органу (комітету) всіх ключових галузевих держструктур, експертів з питань управління ризиками і зацікавлених груп, які займаються або підпадають під вплив ризиків галузі. Перший етап вимагає дій, які спрямовані на:

1. Визначення/підтвердження компетентного органу з питань управління ризиками;
2. Офіційне визнання компетентним органом управління ризиками як актуальної проблеми для галузі;
3. Розробку галузевої політики управління ризиками на основі нової концепції і стратегії її імплементації для схвалення Урядом;
4. Рішення Уряду або інший нормативно-правовий документ (наприклад, прийняття закону);
5. Створення Галузевого комітету з питань управління ризиками з мандатом від Уряду.

Галузевий комітет з питань управління ризиками (далі - Комітет) має бути створений як постійний орган з повноваженнями від Уряду. За створення Комітету щодо управління ризиками та координацію його діяльності відповідає галузевий компетентний орган влади.

Основними завданнями Комітету є:

- контроль і координація процесу розвитку національної політики управління ризиками (на початковій фазі);

- реалізація політики щодо управління ризиками в галузі на всіх рівнях (державний, регіональний, місцевий), в тому числі:

 - розробку плану та його оновлення;

 - створення та впровадження програми моніторингу ризику;

 - створення та впровадження системи оперативного раннього попередження;

 - забезпечення розвитку механізму для своєчасної та точної оцінки впливу ризику;

 - надання точної та своєчасної інформації громадськості;

 - активізацію заходів з пом'якшення наслідків протягом існування ризику відповідно до етапів тяжкості (попередження, готовність, надзвичайна ситуація) з урахуванням пріоритетних потреб;

 - поточне оцінювання ризику та оцінка після ризику;

 - розробка та реалізація програми з пом'якшення наслідків ризику під час нормальної стадії ризику;

 - співпраця з питань ризику на міжгалузевому рівні;

 - розвиток досліджень, науки та освітніх програм у сфері управління ризиками.

У положенні про Комітет має бути відображено:

- склад Комітету та його організаційну структуру;

- визначено межі відповідальності та компетенції як Комітету, так і його членів;

- організація взаємодії між Комітетом та компетентним органом (міністр, державні адміністрації на всіх рівнях), створення спеціальних робочих груп під координацією Комітету тощо:

 - заходи координації та комунікації, що передбачають чіткі відносини між партнерами з різних груп (сектори економіки, експерти, зацікавлені сторони) і державні рівні (центральні та місцеві адміністрації);

 - визначення завдань Комітету для кожної стадії управління ризиками – нормальний стан, попередження про ризик, стан готовності, надзвичайний стан (normal, pre-alert, alert, emergency);

 - визначення обов'язків Комітету, пов'язаних з міжнародними зобов'язаннями.

Комітет повинен мати право на створення робочих груп експертів для вирішення конкретних завдань, спрямованих на розробку базових документів для підготовки робочих програм (наприклад, оцінки історичних ризиків, оцінки впливу та моніторинг).

ЕТАП 2. Визначення цілей політики управління ризиками на основі нової концепції. Після формування Галузевого комітету з управління ризиками, першою офіційною дією має бути підготовка «заяви» щодо політики управління ризиками, в якій буде зазначено перехід від політики кризис-менеджменту до політики зменшення ризиків шляхом їх попередження із встановленням конкретних і досяжних цілей. Відповідні цілі галузевої політики щодо управління ризиками, заснованої на принципах запобігання, повинні бути визначені і затверджені компетентним органом на початку процесу планування. Ці цілі слугуватимуть за основу для розробки та реалізації галузевих програм.

Основна мета галузевих програм є зведення до мінімуму негативних впливів на економіку, суспільство і навколишнє середовище. Вона також спрямована на досягнення цілей нової концепції. Ця мета може бути досягнута за допомогою ряду конкретних цілей, які повинні включати наступне:

- гарантування певного рівня безпеки для задоволення основних потреб людей (забезпечення здоров'я і життя населення під час всіх можливих НС);

- поступового зниження рівня ризику для персоналу, населення та довкілля у галузі, наближення його до значень, що рекомендовані ВООЗ;

- уникнення або мінімізація негативних впливів ризику на стан об'єктів та довкілля;

- мінімізацію негативного впливу на економічну діяльність, відповідно до пріоритетів визначених в Планах управління ризиками у галузі у зв'язку з іншими планами і стратегіями (наприклад, планування землекористування).

Також, рекомендується складати основні цілі для підготовки галузевих програм:

- визначити механізми та методологію для виявлення і прогнозування ризику;
- встановити порогові значення для різних стадій ризику;
- визначити заходи для досягнення конкретних цілей в кожній фазі управління ризиками;
- забезпечити прозорість та участь громадськості в розробці планів управління ризиками.

Під час процесу планування Комітет має розробити перелік конкретних завдань, що мають стати основою для розробки галузевих програм.

Цілі і впровадження галузевих програм повинні відповідати також екологічним цілям.

ЕТАП 3. Інвентаризація даних для підготовки Плану управління ризиками у галузі.

Управління ризиками залежить від даних, що дозволяють охарактеризувати умови і кількісну оцінку інтенсивності ризиків. Тому, інвентаризація даних, необхідних для розробки Плану управління ризиками (ПУР) є обов'язковим кроком Комітету на початковому етапі, який повинен включати:

- визначення потреб у даних для розробки ПУР;
- аналіз існуючої системи збору даних, які можливо використати для оцінки ризику та впливу ризиків, та наявності даних;
- виявлення прогалин в даних, модифікація існуючих даних і систем розповсюдження інформації.

Дані у вигляді параметрів та індикаторів ризиків є важливими елементами визначення та оцінки різних типів можливих небезпек. На практиці досить часто необхідні дані є несистематизовані, розкидані по багатьох існуючих базах даних, які не пов'язані між собою і практично є недоступними для осіб, що приймають рішення, користувачів і громадськості. Необхідно виявити слабкі місця і перешкоди у доступності даних на самому початку процесу. Важливим кроком для подальших дій є створення відкритих інформаційних каналів для забезпечення обміну інформації між усіма секторами, особами, що приймають рішення на всіх рівнях, фахівцями і зацікавленими сторонами.

ЕТАП 4. Розробка/оновлення Плану управління ризиками у галузі. План управління ризиками (ПУР) - це адміністративний інструмент для впровадження політики щодо управління ризиками, який базується на підході запобігання та зменшення ризиків. Підготовка ПУР є важливим етапом процесу управління ризиками.

Головними складовими ПУР є:

- характеристики об'єкту (небезпечні чинники);
- система раннього попередження;
- індикатори та граничні величини;
- оцінка ризиків;
- база НС і аварій, що мали місце у минулому;
- програма заходів;
- організаційна структура;

Три з семи елементів, наведених вище, вважаються головними елементами основи ПУР:

- показники ризиків, порогові значення для класифікації і системи раннього попередження ризиків;
- заходи для досягнення конкретних цілей в кожній фазі управління ризиками;
- організаційна структура для боротьби з ризиками.

Процес планування розробки ПУР в цілому може бути поділений на 7 кроків:

- 4.1: Визначення змісту ПУР;
- 4.2: Характеристика і оцінка деяких історичних ризиків;
- 4.3: Визначення індикаторів і граничних величин для класифікації ризиків;
- 4.4: Створення системи раннього попередження ризиків;
- 4.5: Розробка програми заходів;
- 4.6: Створення організаційної структури для розробки, реалізації та оновлення ПУР;
- 4.7: Виявлення прогалин та невизначеностей.

ЕТАП 5. Оприлюднення Плану управління ризиками у галузі задля залучення громадськості. Метою публікації ПУР є заохочення участі громадськості та активне залучення зацікавлених сторін в розробку, реалізацію та оновлення ПУР. Участь громадськості є важливим елементом системи управління ризиками, що представляє можливість для досягнення консенсусу з соціальних, економічних та екологічних аспектів плану. Процес участі громадськості пов'язаний з:

- виданням ПУР (у тому числі документів, що супроводжують планування);
- забезпечення доступу до ПУР для коментарів;
- консультаціями, спрямованими на активне залучення зацікавлених сторін.

Документ повинен містити принаймні основну інформацію про актуальність питання управління ризиками та її обґрунтування. Громадськість має право коментувати ці документи впродовж шести місяців. Громадськість повинна мати гарантований доступ до всіх довідкових документів, що використовуються для розробки ПУР. Участь громадськості в розробці ПУР є також обов'язковою, тому що ПУР входить в сферу дії Директиви з Стратегічної екологічної оцінки (СЕО), яка вимагає активну участь на основі принципів Орхуської конвенції.

Після отримання зауважень повинні бути розпочаті консультативні процеси. Комітет повинен заздалегідь розробити стратегію консультацій та комунікативний план. В принципі, є дві різні форми консультацій:

- письмові (у тому числі електронні);
- усні або активні консультації, що можуть бути організовані по-різному (наприклад, двосторонні зустрічі, семінари, конференції).

По закінченню консультацій і включення відповідних змін в ПУР готується резюме за підсумками процесу консультацій та поширюється серед зацікавлених сторін, які брали участь у консультаціях.

ЕТАП 6. Розробка науково-дослідної програми. Комітет повинен виявити потреби в національній галузевій науково-дослідницькій програмі, що може сприяти кращому розумінню ризиків галузі, їх впливів і альтернатив з їх пом'якшення. Розробка програми повинна бути пов'язана з процесом виявлення прогалин і невизначеностей під час роботи над ПУР, беручи до уваги і пов'язані з цим питання (наприклад, існуючі знання, нові ефективні методи моніторингу на основі даних дистанційного зондування, гармонізації та інвентаризації даних).

Ключові дослідницькі теми для ПУР:

- гармонізація збору даних та моніторингу;
- вдосконалення процесу планування – індикатори ризиків, історична оцінка та прогнозування ризиків;
- удосконалення методології для оцінки ризику, включаючи розробку карт ризиків та небезпеки;

Звісно, що усі рішення задач мають бути на основі сучасних досягнень математичного моделювання ризиків, їх оцінювання, використанні сучасних інформаційних технологій.

ЕТАП 7. Розробка просвітницьких програм. Широка освітня програма має бути розроблена Комітетом. Метою даного заходу є підвищення обізнаності щодо нової політики управління ризиками шляхом надання інформації про ПУР і програму заходів, пов'язаних з потребами конкретних груп, постраждалих від ризиків. Освітні програми повинні бути переважно орієнтовані на зацікавлені групи на місцевому рівні.

Розробка освітніх програм має містити:

- створення спеціальної групи, відповідальної за тренінгову діяльність;
- визначення вразливих груп, які потенційно підпадають під вплив ризиків, і груп, що мають потенціал для впливу на результат (наприклад, особи, що приймають рішення);
- перелік питань, терміни, форма (наприклад, семінари, освітні тренінги);
- розробку навчальних матеріалів.

Ми впевнені, що будь-яке рішення в усіх сферах життєдіяльності має проходити експертну оцінку на основі моделювання наслідків ризиків. Моделювання потрібне й можливе для усіх ризиків: техногенних, природних, економічних, соціальних тощо. Але, в першу чергу, моделювання потрібне у сфері безпеки й має бути представлене на сучасному рівні за

концепцією РОП та Ситуаційних центрів. Застосування сучасних технологій управління безпекою мінімізує ризики та створює умови подолання корупції.

Висновок

Маємо переходити на економічні методи управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу та сучасних інформаційних технологій. Метод і проект керівництва, що розглянуті надають можливість створення алгоритмів переходу у кожній галузі виробництва та постановку наукових завдань непростого процесу для галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гречанінов В.Ф. Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз критичних інфраструктур. / Гречанінов В.Ф., Бегун В.В., Клименко В.П., Яцук О.П. // Науковий вісник Укр.НДІПБ. - 2015. - № 1. - С. 125–134.
2. Бегун В.В. Концепція управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. / В.В. Бегун, Є.П. Буравльов, Гетьман В.В., Хміль Г.А. // Екологія і ресурси. Збірник наукових праць ІПНБ РНБО. – 2007. - Спеціальний випуск. - С. 17-29.
3. Бегун В.В. Вдосконалення наглядової діяльності у сфері пожежної безпеки набирає оберті / В.В. Бегун, В.В. Ковалишин, Р. В. Климаць // Пожежна безпека. - 2013. - №2(162). - С. 20-21.
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 37-р від 22 січня 2014 р. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. Станом на 27.02.2016. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80>
5. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 419-р від 25 березня 2015 р. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015—2020 роки. [Електронний ресурс] // Урядовий портал. Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України. Станом на 27.02.2016. - Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=248135163>
6. Повідомлення про семінар ДСНС [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/news/46251.html>
7. Кабмину предложили объединить государственные базы данных в одну систему. Проект Института Горшенина [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://economics.lb.ua/state/2016/03/02/329316_kabminu_predlozhili_obedinit.html
8. Розпорядження НАНУ від 01.07.2015 №464.
9. Глобальне водне партнерство Центральної та Східної Європи (2015). Керівництво для підготовки Планів управління посухами. Розробка і впровадження в контексті Водної Рамкової Директиви ЄС. – Брюссель: Глобальне водне партнерство Центральної та Східної Європи, 2015. - 48 с.
10. Программа предотвращения, готовности и реагирования на техногенные и природные катастрофы, финансируемая ЕС в Восточном регионе ENPI (PPRD-East). Политика оценки рисков /угроз для восточного региона (ENPI).– Брюссель, 2012 р. – 72 с.

А.О. Тропіна
ст. викл.

В.В. Малишев
д. т. н., проф.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ» ДЛЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Анотація. У статті висвітлюється необхідність викладання дисципліни «Основи охорони праці» у вищих навчальних закладах, дається оцінка важливості педагогічної освіти викладачів даного напрямку, а також їхня професійна багатогранна обізнаність у різних сферах застосування даної дисципліни. У публікації наводяться основні особливості викладання дисципліни «Основи охорони праці» для інженерних спеціальностей, які особливо потребують компетентності у питаннях забезпечення безпеки працюючих у виробничих галузях.

Ключові слова. Професійна підготовка, інженерні галузі, фахівці-професіонали, методика викладання, технологічний процес, працезахоронна діяльність.

THE FEATURES OF TEACHING THE DISCIPLINE «PRINCIPLES OF LABOUR PROTECTION» FOR ENGINEERING SPECIALTIES

Annotation. The article highlights the necessity of teaching the discipline «Principles of Labour Protection» in higher education, provides an assessment's importance of higher education for teachers of this direction, and their multifaceted professional awareness of various fields of the discipline's application. The publication presents the main features of the teaching the discipline «Principles of Labour Protection» for engineering specialties, that require particular competence in matters of workers' security in manufacturing industries.

Key words: Professional training, engineering industry, professionals, teaching method, technological process, labour protection activities.

Постановка проблеми. В умовах модернізованого виробничого середовища проблема охорони праці набуває особливо важливого значення. Сучасне суспільство, в якому доводиться працювати людині, має специфічні умови, які характеризуються технологічними процесами, наявністю різноманітних комп'ютеризованих та енергетичних систем із чинниками, що здатні негативно впливати на людину та навколишнє середовище.

Оскільки у вищих навчальних закладах проводиться підготовка майбутніх керівників виробництвом, то від якості цієї підготовки залежить безпека процесу даного виробництва, а також життя і діяльність людей, які працюватимуть у даному середовищі. На даний момент для керівника виробничого підприємства, фахівця, насамперед інженера, є особливо необхідними знання питань, пов'язаних із забезпеченням безпечних та комфортних умов праці на відповідному рівні. Крім того, інженер має нести першочергову відповідальність за доручену йому справу. Помилки у виконанні цього завдання можуть коштувати йому фінансової або адміністративної, а в деяких випадках – кримінальної відповідальності.

За даними статистики, протягом останніх років помічено позитивну тенденцію до зниження припустимого рівня небезпеки і шкідливих навантажень, а також нещасних випадків на підприємствах України. З огляду на такі позитивні результати, нагальною є необхідність удосконалення навчального процесу з підготовки інженерів із засвоєнням дисципліни «Основи охорони праці».

Отже, для виховання у студентів інженерних спеціальностей якостей інженера, обізнаного з питань охорони праці, необхідно для викладачів максимально залучати індивідуальний підхід для розширення потенціалу кожного студента в процесі його професійного навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання особливостей викладання дисципліни з охорони праці розглядається у працях В. Єфремова, Т. Литвиненко, Р. Сабарно, В. Лазарева, О. Наумова. У збірці виробничих ситуацій і ділових ігор з дисципліни «Основи охорони праці», складеною Г. Титовою, зібрана велика кількість виробничих ситуацій і ділових ігор, які імітують професійну діяльність інженера.

Недосліджені проблеми.

1. Вдосконалення системи викладання дисципліни «Основи охорони праці» для інженерних спеціальностей шляхом застосування нових методів висвітлення проблематики з питань охорони праці в інженерних галузях.

2. Підвищення компетентності викладачів дисципліни шляхом залучення професійних фахівців у галузях, за допомогою яких можна поглиблено вивчити та дослідити тонкощі технологічних процесів на окремих підрозділах виробничого підприємства.

3. Недостатньо розвинена система методологічних підходів до викладання дисципліни студентам окремих галузей інженерного спрямування.

4. Вузьке коло прикладів із реального практичного застосування під час навчального процесу майбутніми фахівцями інженерного спрямування своїх знань з предмета. Проблема наявності ділових ігор, аналітичних завдань для студентів, що опановують дану дисципліну, задля кращого розуміння реальних ситуацій.

Постановка завдання. Висвітлити необхідність важливості проходження підготовки з дисципліни «Основи охорони праці» для студентів інженерних спеціальностей, визначити основні особливості викладання даної дисципліни у вищих навчальних закладах, акцентувати увагу на професійній багатогранній обізнаності викладачів у технологічних процесах інженерних галузей.

Виклад основного матеріалу.

«Основи охорони праці» – це нормативна дисципліна, яка вивчається з метою формування у майбутніх фахівців із вищою освітою необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань й умінь із правових та організаційних питань охорони праці, основ фізіології, гігієни праці, виробничої санітарії, безпеки процесів праці і пожежної безпеки, визначеного відповідними державними стандартами освіти, а також активної позиції щодо практичної реалізації принципу пріоритетності охорони життя та здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності. Важливе місце в структурі охорони праці займають зв'язки з безпекою життєдіяльності, ергономікою, фізіологією й психологією праці, технічною естетикою.

У сучасних умовах, за відсутності достатньої практичної підготовки фахівців і життєвого досвіду, у зв'язку зі зростанням кількості небезпек у побуті, виробництві та довіллі, покращення підготовки майбутніх інженерів у вирішенні цих проблем має відбуватися, зокрема, за рахунок удосконалення викладання дисциплін «Безпека життєдіяльності» та «Основи охорони праці». [2]

З огляду на вищесказане, належне викладання даної дисципліни у вищих навчальних закладах є важливим фактором формування у студентів розуміння необхідності вивчення даного предмета. Кожна галузь, з точки зору якої вивчається дисципліна «Основи охорони праці», має свої певні особливості, на які необхідно звертати увагу при викладанні майбутнім фахівцям. У зв'язку з цим, існує така проблема, що значна кількість викладачів може бути не обізнана з приводу тих чи інших особливостей технології виробництва в галузі, технологічного оснащення підприємств машинобудівної та приладобудівної галузей, а також, на превеликий жаль, не має ні досвіду, ні знань, які необхідні як для педагогічної, так і для методичної роботи з майбутніми фахівцями у певній галузі. [1]

Таким чином, однією з особливостей викладання даної дисципліни є те, що кожен викладач повинен мати певні базові знання, пов'язані з технологічними та технічними процесами в галузях, що розглядаються з точки зору забезпечення безпеки під час роботи на

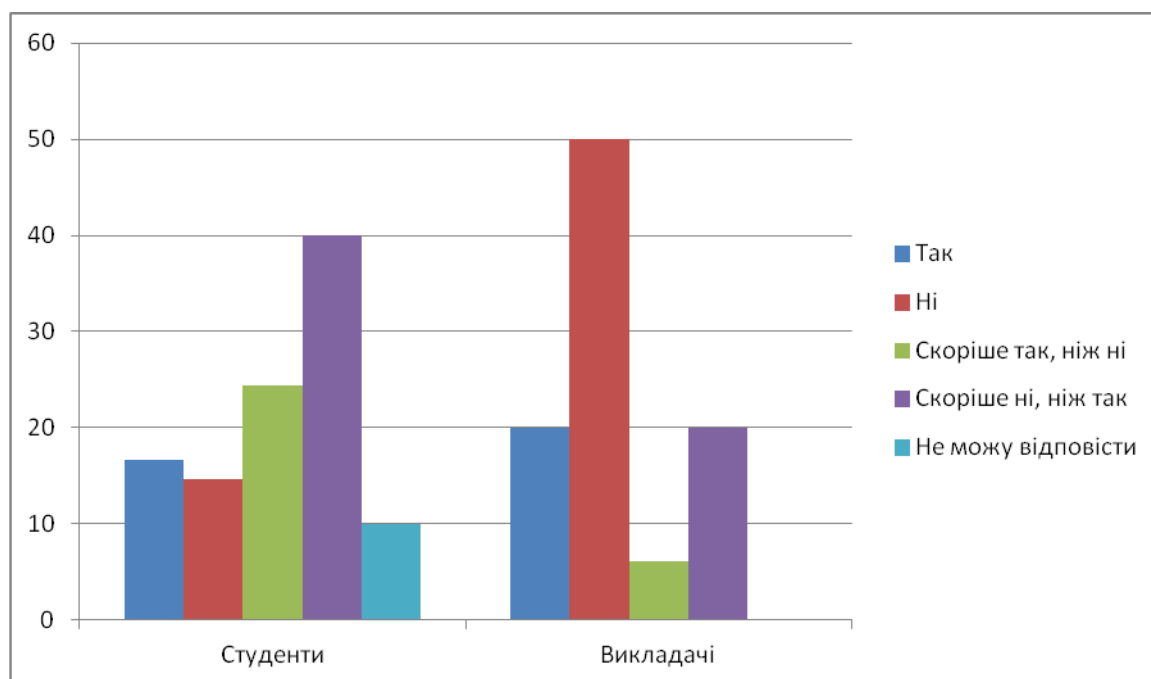
виробництві. Наявних теоретичних матеріалів, наразі, не достатньо, щоб належним чином охопити всі тонкощі безпеки праці в кожній галузі окремо та донести необхідну важливу інформацію з приводу заходів безпеки до студентів – майбутніх фахівців у конкретній галузі.

Також, на мою думку, є необхідним створення фахівцями-професіоналами в конкретних галузях певних проектів, програм, методики, порад щодо наголошення на основних проблемах безпеки в тій чи іншій галузі саме для викладачів дисципліни. Таким чином, викладачі, спираючись на конкретні дані, зможуть сформулювати специфічні положення щодо викладання дисципліни, а також певні правила безпеки, адаптовані до конкретної галузі, технологічного процесу та ситуації.

Отже, необхідно зазначити, що наступною особливістю викладання дисципліни «Основи охорони праці» для інженерних спеціальностей є глибоке дослідження викладачами проблем безпеки в окремих галузях та висвітлення даних проблем аудиторії спеціальним методичним підходом.

Слід додати, що найкраще засвоюються ті матеріали, які містять в собі не тільки теоретичні засади, але й наочні приклади з життя, візуальні представлення ситуації, її наслідки на шляхи вирішення. Тобто принципи викладання мають бути побудовані як цілеспрямована взаємодія викладача і студента задля досягнення високого рівня знань із працезахоронної діяльності інженера. Викладач має зацікавити студентів приймати участь в аналізі ситуацій, дискусій щодо вирішення проблем з питань охорони праці на підприємствах, пропонуванні своїх нових перспективних рішень щодо того чи іншого питання. [5]

Під час дослідження було проведено опитування студентів та викладачів вищого навчального закладу, що включало в себе ключове питання: «Чи задоволені Ви наявним навчально-методичним забезпеченням курсу «Основи охорони праці»?». Результати опитування були такими (Діагр. 1):



Діагр. 1 Рівень задоволення студентів та викладачів навчально-методичним забезпеченням курсу «Основи охорони праці»

Щодо шляхів покращення активізації навчального процесу студентів при вивченні дисципліни «Основи охорони праці» 50% викладачів вважають, що необхідно збільшити кількість та місткість практичних занять із дисципліни, на думку 30 % слід обов'язково запрошувати для проведення занять фахівців з інженерної сфери, 10 % стверджують, що потрібно систематично проводити навчальні екскурсії.

Таким чином, проаналізувавши проведене опитування, можна зауважити, що необхідно забезпечити глибше структурування та вдосконалення вже діючого та розробки нового навчально-методичного забезпечення з дисципліни «Основи охорони праці».

Суперечності в постановці завдань, методів і форм навчання щодо забезпечення оволодіння основами наук про ризик і охорону праці, можливо, потрібно вирішити на загальнодержавному рівні. Недосконалість програм підготовки студентів-інженерів не дозволяє визначити і набути необхідні навички з охорони праці для їх практичної реалізації як у професійній діяльності, так і у побуті.

В подальших дослідженнях для покращення підготовки фахівців інженерного спрямування необхідно відійти від традиційного методу скорочення аудиторного навантаження й збільшення самостійної підготовки, який реалізується протягом останніх років, до теоретично-обґрунтованого методу оптимізації навчального навантаження для студентів денної і заочної форми навчання з урахуванням змісту й часу викладання основних дисциплін професійного спрямування. Необхідним є коригування модульної програми підготовки з дисципліни «Основи охорони праці» для спеціальностей інженерного напрямку у відповідності з вимогами програм нормативних дисциплін, які опановують студенти за своїм профілем. [6]

У процесі викладання дисципліни «Основи охорони праці» викладачу, окрім знань основних положень працезахоронної діяльності, необхідно показати студенту напрямки для подальшого вдосконалення названої діяльності з урахуванням глибокого занепаду промисловості України, тому що саме сьогоднішнім студентам необхідно буде виводити підприємства України з глибокої і тривалої кризи, здійснювати технологічну перебудову промисловості.

Слід підкреслити, що викладач повинен обов'язково займатися підвищенням як спеціальної, так і педагогічної кваліфікації, впроваджувати нові педагогічні технології. За необхідності, що зумовлена недостатнім рівнем педагогічного досвіду, методична робота викладача поступово має перейти в потребу безперервно підвищувати свою майстерність викладання курсу з питань охорони праці. [4]

Вимоги до майстерності викладання питань інженерно-технологічної безпеки можна зобразити таким чином (Рис. 2):



Рис. 2 Вимоги до майстерності викладання питань інженерно-технологічної безпеки

Необхідно зазначити, що викладач дисциплін «Основи охорони праці» обов'язково повинен володіти майстерністю формування у студента таких якостей сучасного інженера, як мобільність, професійна енергійність, заповзятість, конкурентоспроможність. Задля цього завдання викладач має володіти спеціальними ефективними методами навчання студентів, як наприклад, методом моделювання працезахоронних функцій інженера.

Для сучасного інженера в його працезахоронній діяльності професійна енергійність, заповзятливість означає, насамперед, здатність самостійно, за власною ініціативою виконувати професійні функції, які спрямовані на одержання доходу, прибутку, безпечні прийоми праці в межах своєї основної професійної діяльності або в діяльності всього колективу.

Заповзятливі фахівці прагнуть досягти такої мети, як поліпшення якості продукції за рахунок підвищення безпеки її використання, що, у свою чергу, сприяє зростанню рівня статусу його як майстра. Необхідно відмітити, що сучасне виробництво потребує якісно нового типу фахівця працезахоронної діяльності, який був би конкурентоспроможний, а особливо, щоб у його діяльності важливе місце посідав інтелектуальний творчий компонент. Конкурентоспроможний спеціаліст, який, до того ж, володіє знаннями з питань охорони праці, по-перше, має надзвичайно високий рівень готовності до виконання працезахоронних функцій. [3]

У порівнянні з іншими, він має самостійну, дієздатну вдачу за рахунок набутих у вищому навчальному закладі знань, вмінь, сформованих особистих і громадянських якостей. По-друге, що дуже важливо, такий фахівець поважає і себе, і інших за розвинуті здібності, професійну компетентність, а тому наполягає на тому, щоб гідно оцінили його працю і працю його співпрацівників.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином, стаття обґрунтовує основні особливості процесу викладання дисципліни «Основи охорони праці» у вищих навчальних закладах. Під час дослідження було доведено особливу необхідність використання ефективних методик викладання дисципліни, зокрема, проведення професійної підготовки майбутніх інженерів у галузі охорони праці з використанням комп'ютерних технологій, які забезпечать більш ефективне формування професійних навичок та знань студентів при вивченні основ охорони праці. В ході дослідження було визначено такі результати й можливі перспективи:

1. Дослідження показують, що окрім вищої освіти, викладачі дисципліни «Основи охорони праці», мають також практично оволодіти сукупністю певних ефективних педагогічних технологій та підходів щодо викладання предмета для інженерних спеціальностей.

2. Особливо ефективним є процес навчання студентів як цілеспрямована взаємодія викладача й студента, адже як результат, студент легше досягає високого рівня знань із питань охорони праці.

3. Існує необхідність застосовувати у навчальному процесі таку ефективну технологію, як моделювання працезахоронних функцій інженера, що дозволить формувати такі сучасні якості спеціаліста, як компетентність із питань охорони праці на виробництві, а також конкурентоспроможність як фахівця в галузі.

4. Аналіз стану викладання питань охорони праці у вищих навчальних закладах доводить доцільність подальшого дослідження ролі особистості викладача у навчально-виховному процесі, а також у процесі прищеплення студентам належних морально-етичних цінностей.

5. З метою вдосконалення навчально-виховного процесу підготовки майбутніх інженерів, у тому числі і працезахоронної підготовки, необхідно запрошувати фахівців-професіоналів конкретної інженерної галузі задля реального сприйняття студентами робочої ситуації, в якій доведеться працювати, та умов, яких необхідно буде дотримуватися. Таким чином, студенти будуть зацікавлені у глибшому вивченні дисципліни «Основи охорони праці» та пізнанні необхідних принципів та положень щодо забезпечення норм охорони праці в середовищі, у якому будуть під час трудової діяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Жуков Г., Матросов П., Каплан С. Основы общей и профессиональной педагогики, Учебное пособие. М., - 2005. - 380 с.
2. Кепич Т., Семенова І., Лавренюк М. Охорона праці в галузі// Навчальний посібник//Київ. – 2013. – с. 255
3. Мелецинек А. Инженерная педагогика. - М: МАДИ (ГТУ), 1998 - 185 с.
4. Мещанинов А. Концептуальная модель оценки качества университетской системы образования // Теория и практика управления социальными системами. - Харьков НТУ "ХПИ" 2006 – №1. С.63-73.
5. Титова Г. Н. Сборник производственных ситуаций и деловых игр по курсу «Охрана труда» / Титова Г. Н. - М.: Химия, 1988. - 216 с.
6. Ушинський К.Д. Праця в її психічному і виховному значенні, в 2 т. Т.1. П., 2008. - 355 с.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ДИСЛОКАЦІЇ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Сучасний етап реформування ДСНС України повинен враховувати мобільність підрозділів. Від зони обслуговування пожежного депо залежить настільки швидко прибудуть пожежно-рятувальні підрозділи на місце виклику для порятунку життя людини.

Аналіз нормативно-правової бази показав, що в Україні є два основні критерії визначення місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів: просторовий та часовий [1].

Міжнародне співтовариство давно займається проблемами пов'язаними з місцем розташування пожежних депо. В англійських державах існує ряд праць присвячених даній проблемі [2-4], в радянський період та в Україні ці проблеми розглянуто, наприклад, в [5,6].

Однак, в Україні й досі немає офіційної методики як саме використовувати часовий критерій при проектуванні і розміщенні пожежно-рятувальних підрозділів, постає питання, яку відстань може подолати пожежний автомобіль за встановлений час.

З метою визначенні швидкості руху пожежного автомобіля і відповідно відстані, яку автомобіль може подолати за час [1] було проведено дослідження особливості руху пожежної техніки на прикладі м. Васильків Київської області.

Швидкість руху пожежно-рятувальних підрозділів на місце пожежі можна визначити виходячи з таких методичних підходів: статистичного, експериментального.

Загальні теоретичні засади до побудови гістограм і обчисленню їх параметрів описані в [7], а практична реалізація цього підходу в [8].

Підхід [8] був використаний для визначення критеріїв розподілу швидкості руху до місця виклику для м. Васильків за 2013 рік для таких основних пожежних автомобілів: АЦ-40 (432921) 63; АЦ-40 (130) 63 Б; АЦ-40 (131) 63 Б.

Вихідні дані для розрахунку швидкостей руху пожежних автомобілів взято з журналу пункту зв'язку частини та експлуатаційних карток пожежних автомобілів (29-ДПРЧ м. Васильків). На основі цих даних розраховувалась середня швидкість руху пожежного автомобіля для кожного виклику. Об'єм статистичної вибірки (кількість виїздів пожежних автомобілів основного призначення за 2013 рік) склав $N = 29$.

Розподіл швидкості руху пожежних автомобілів до місця пожежі у 2013 р. в м. Васильків показано на рисунку 1.



Рисунок 1 – Гістограма розподілу швидкості руху пожежних автомобілів до місця пожежі в м. Васильків в 2013 р.

Аналіз гістограми показав, що середнє значення швидкості руху для м. Васильків в 2013 році становить 29 км/год, дисперсія – 22 км/год, середньоквадратичне відхилення – 4 км/год.

Варто зазначити, на швидкість руху пожежних автомобілів впливають ряд факторів (стан дорожнього покриття, затори на дорогах, погодні умови та ін.), тому щоб врахувати ці фактори запропоновано [8] ввести граничне значення швидкості ($v_{гр}$) – швидкість руху пожежних автомобілів, з врахуванням факторів, що впливають на неї

$v_{гр} = \mu_{г} - \sigma_{г},$	(10)
----------------------------------	------

де $\mu_{г}$ – середнє значення швидкості руху пожежного автомобіля до місця виклику, км/год;
 $\sigma_{г}$ – середньоквадратичне відхилення швидкості, км/год.

Таким чином для м. Васильків середнє значення швидкості руху пожежних автомобілів становить 25 км/год.

Висновок: проведено дослідження дає можливість на основі статистичних даних по виїздах пожежних автомобілів до місця виклику використання часового критерію при проектуванні та будівництві пожежно-рятувального підрозділу, адже знайшовши середню швидкість руху пожежного автомобіля можна визначити максимально допустиму відстань від об'єкта, що захищається до пожежно-рятувального підрозділу. Визначення швидкості здійснено за методом в основі якого лежить побудова емпіричних розподілів випадкових величин та обчислення їх характеристик. Проведення аналізу статистичної інформації та здійснення розрахунків показало, що середнє значення швидкості основного пожежного автомобіля з врахуванням несприятливих факторів для м. Васильків становить 25 км/год, дану величину можна використовувати для часових критеріїв розміщення пожежно-рятувальних підрозділів, таким чином знаючи час [1], відстань, яку подолає автомобіль зі знайденою вище швидкістю становитиме 4 км, а це значить – всі об'єкти, що знаходяться не в радіусі 4 км, а на відстані (по дорогам загального користування) до 4 км попадають в зону ефективного обслуговування пожежно-рятувального підрозділу.

Якщо знайти в такий спосіб швидкість руху ще декількох населених пунктів з кількістю населення до 50000 чоловік, шляхом середньоарифметичного можна знайти середню швидкість руху пожежних автомобілів для населених пунктів цієї групи. Таким чином можна скласти таблицю швидкостей руху пожежної техніки для різних груп населених пунктів, в тому числі і сільської місцевості. Дане дослідження було б доцільно зробити для різних груп населених пунктів в залежності від кількості населення, а отримані результати врахувати при розробці національного стандарту України щодо визначення місць дислокації в населених пунктах пожежно-рятувальних підрозділів та критеріїв їх комплектації пожежними автомобілями і встановлення вимог з проектування території та будинків пожежно-рятувальних частин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Постанова Кабінету міністрів України від 27 листопада 2013 року № 874 «Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)»[Електронний ресурс] // Офіційний портал Верховної ради України – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/874-2013-%D0%BF>
2. J. Gordon Routley. Arlington country fire station location analysis.1999.1-31p.[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://arlingtonva.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/>
3. GIS for Fire Station Locations and Response Protocol An ESRI ® White Paper • January 2007 31p.
4. Kolesar P., Walker W. An algorithm for the dynamic relocation of fire companies // Operations Res. Vol. 22. № 2. 1974. Pp. 249-274.

5. Брушлинский Н.Н. Системный анализ и проблемы безопасности народного хозяйства. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.
6. Коссе А.Г.. Метод раціонального розміщення пожежних депо при проектуванні і оновленні районів міста, Харків -2001, 16 с.[Електронний ресурс] – Режим доступу: http://revolution.allbest.ru/life/00375266_0.html
7. Орлов Ю.Н. Оптимальное разбиение гистограммы для оценивания выборочной плотности функции распределения нестационарного временного ряда // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2013. № 14. 26 с.
8. Методические рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны в населённых пунктах в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений // Утв. Главным Государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору 30 декабря 2009 г. № 2-4-60-14-18. М, 2009. 25 с.

НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ НАШОГО ЧАСУ: АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НА ЗАНЯТТЯХ З БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ У ВНЗ

Анотація. *Стаття містить матеріал, який є актуальним на практичних заняттях з безпеки життєдіяльності в університеті. Розкрито поняття «тероризм», виділено його основні складові, зібрано рекомендації та правила поведінки для людей, які можуть опинитись у неконтрольованому натовпі, зоні використання зброї масового ураження, стати заручником терористів.*

Ключові слова: *безпека життєдіяльності, тероризм, надзвичайна ситуація, заручник, натовп.*

THE DANGEROUS SITUATION OF OUR TIME: CURRENT ISSUES OF SAFETY LIFE AT LESSONS AT UNIVERSITY

Abstract. *This article contains material which is relevant to the workshops on safety of life at university. The concept of "terrorism", highlighted its main components, contains guidelines and rules of conduct for people who may find themselves held hostage, in a crowded area of use of weapons of mass destruction.*

Key words: *life safety, terrorism, dangerous situation, hostage.*

Діяльність терористів стала глобальною проблемою людства та України зокрема. З кожним днем на території всієї України спостерігається надзвичайне зростання загрози тероризму і диверсій. На Сході України понад два роки триває антитерористична операція (яка носить всі ознаки війни), загинули тисячі людей, величезна кількість поранених та постраждалих. За таких умов розуміння сутності та знання складових і основних правил захисту від різних проявів тероризму є важливою умовою безпеки та захисту людей. Сьогодні аналіз цієї проблеми є особливо актуальним на заняттях з безпеки життєдіяльності як для учнів середніх загальноосвітніх навчальних закладів, так і студентів вищих навчальних закладів всієї України. Програмою з безпеки життєдіяльності в університеті передбачено вивчення теми «Захист населення у надзвичайних ситуаціях». І хоча тема є досить обширною і охоплює багато питань, особливу увагу варто зосередити на питаннях захисту людини від терористичних загроз.

Визначення терміну «тероризм» питання проблемне, оскільки в наш час існує понад 100 визначень цього явища. Однак, жодне з них не підтримане міжнародною спільнотою як загальновизнане. У перекладі з латинської terror означає жах. Тероризм є формою злочину проти суспільної безпеки, що полягає в насильстві, політичному екстремізмові, застосуванні найжорстокіших методів насилля, включаючи фізичне знищення людей, для досягнення певних цілей. Звичайно, терористами стають ті, хто не згоден з державним устроєм і тоді вони ставлять під загрозу життя багатьох людей – заручників. Тероризм є злочин проти людства. Українські юристи його розглядають як злочинне діяння, як терористичні групи та як терористичні доктрини. Обов'язковими елементами, які характеризують тероризм є наявність насильства (завичай збройного) або його загрози; заподіяння чи загроза заподіяння шкоди

здоров'ю людини або матеріальних та моральних збитків; позбавлення або загроза позбавлення життя людей [1; 3; 4].

У Законі України «Про боротьбу з тероризмом» (прийнятий у 2003 р., внесено зміни і доповнення у 2014 р.) термін «тероризм» наведено у такому значення – суспільно небезпечна діяльність, яка полягає у свідомому, цілеспрямованому застосуванні насильства шляхом захоплення заручників, підпалів, убивств, тортур, залякування населення та органів влади або вчинення інших посягань на життя чи здоров'я ні в чому не винних людей або погрози вчинення злочинних дій з метою досягнення злочинних цілей [2].

Тероризм як засіб насильницького досягнення мети відомий здавна, ще з древнього світу. Історія знає багато прикладів терористичних злочинів: вбивство давньоримського диктатора Цезаря, президентів США Лінкольна та Кеннеді, прем'єр-міністра Індії Р. Ганді. Сьогодні тероризм набув міжнародного характеру, тобто такого, що порушує міжнародний правопорядок. Він був і є на озброєнні у різних релігійних сектах, таємних і кримінальних організаціях, масових народних рухів (в Росії XIX ст. організація "Народная воля", в Італії з кінця XX ст. "Червоні бригади"). Серед найвідоміших міжнародних терористичних організацій варто виокремити "Ірландську республіканську армію", "Аум-Сенріке", "Хамас"-ісламський рух опору, а також "Аль-Каїду" і "Світовий фронт Джихаду", створені бенЛаденом. «Аль-Каїда» відома ще як Ісламська армія або Всесвітній ісламський фронт джихада проти євреїв та хрестоносців, заснована у 1990 р. Ця організація надавала фінансову, військову допомогу всім, хто виступає за відновлення всесвітньої мусульманської держави. Тепер ця організація закликає вбивати у всьому світі євреїв, американців та їх союзників. На її рахунок вибухи у багатьох посольствах.

11 вересня 2001 р. світ був шокований терористичними актами в Нью-Йорку та Вашингтоні, скоєними посібниками Усама бенЛадена. Цього дня пілоти-смертники спрямували захоплені пасажирські літаки на башти-близнюки Всесвітнього торговельного центру, які були символом прогресу і могутності Америки, а також на Пентагон. У результаті загинуло близько 7 тис. людей, багато будинків було зруйновано, особливо престижний діловий район Нью-Йорка Манхеттен. За кілька тижнів американці почали отримувати листи, отруєні збудниками сибірки — страшною інфекційною хвороби. США охопила справжня панічна лихоманка. Після цього уряд ужив рішучих заходів щодо знищення центрів світового тероризму.

Прикладом великомасштабних терористичних актів із застосуванням отруйних речовин є теракти, які вчинили члени релігійної організації "Аум-Сенріке" в Японії. Унаслідок застосування отруйної речовини типу "зарін" 27 червня 1994 року семеро осіб загинуло і 144 дістали ураження різного ступеня. 20 березня 1995 року терористи цієї організації знову застосували хімічну зброю. Внаслідок терористичного акту було заражено 16 підземних станцій метро, смертельні ураження дістали 12 осіб і майже 4 тисяч осіб зазнали отруєння різного ступеня. Є підстави стверджувати, що бойовики мають зброю масового ураження. Терористів вчать виготовляти стійкі отруйні речовини на основі хімічних препаратів, які є у вільному продажу, для зараження водоймищ, інших об'єктів.

Практично всі збройні конфлікти, які виникали за останні роки на Балканах, в Азії (Афганістан, Ірак), на Близькому Сході, на території СНД супроводжувалися хвилею диверсійно-терористичної діяльності, внаслідок якої, передусім, страждало мирне населення. Соціальна нерівність у суспільстві, національно-конфесійні суперечки і відсутність ефективного правового регулювання громадської та релігійної діяльності сприяли утворенню значної кількості екстремістських націоналістичних організацій і фанатичних релігійних сект, які мають воєнізовані формування і визнають тероризм як основний засіб боротьби зі своїми супротивниками [1].

Сьогодні тероризм в повній своїй силі і нових найпотворніших формах добрався до України. Схід України потопає у війні, яка ведеться без правил та супроводжується масовими терористичними актами та нападами, які носять нечувано продовжний характер. Як зараз можемо спостерігати в країні, вірним супутником тероризму є інформаційний тероризм, як форма фізичного та психічного насилля в інформаційному середовищі. Фізичне насилля – руйнування джерел інформації, самої інформації, інформаційних мереж та приймачів.

Психічне насилля – це нав'язування ідей, поглядів, думок, які руйнують моральні основи особи, суспільних груп, всього суспільства. Основа інформаційного тероризму – інформаційний вплив, який складається з інформаційної боротьби, війни, інформаційної атаки, агресії. Результат дії – маніпулювання свідомістю людини, або навіть великої групи людей. Знищення теле-, радіостанцій та психічне насилля над місцевими жителями характерно і для війни. Яскравий приклад цього теж, на жаль, спостерігаємо сьогодні на Сході України.

Протягом всього періоду окупації східного регіону незаконними збройними формуваннями громадські організації здійснюють документування порушень прав людини. Вражають сьогодні масштаби викрадень та утримування людей в заручниках у Луганській і Донецькій областях. Заручниками є як військовослужбовці, так і цивільне населення. Заручник — фізична особа, яка захоплена й утримується з метою спонукання державного органу, підприємства, установи чи організації або окремих осіб здійснити якусь дію чи утриматися від здійснення якоїсь дії як умови звільнення особи, що захоплена й утримується [3].

У разі виникнення різних проявів тероризму, людям необхідно знати та дотримуватись правил поведінки в різних ситуаціях, які дозволять їх захиститись та навіть зберегти життя. Корисно знати рекомендації фахівців, щоб не стати заручником та для випадків, коли Вас уже захоплено [3; 4]:

- Одягайтеся нейтрально, не зловживайте прикрасами і яскравим одягом.
- Не загострюйте розмови з незнайомими людьми на теми політичного, релігійного характеру.
- Не реагуйте на провокаційну чи зухвалу поведінку терористів, не удавайтеся до дій, що можуть привернути їхню увагу.
- Ні про що не запитуйте й не дивитесь в очі терористам, бажано виконувати їх накази беззастережно.
- Перш ніж пересунутися чи відкрити сумочку, запитуйте дозволу.
- При стрілянині лягайте на підлогу або ховайтеся за предметами, але нікуди не біжіть (місця біля вікна служать кращою схованкою, ніж місця в проході).
- Іноді трапляється нагода врятуватися, перебуваючи біля виходів, розгляньте варіанти втечі через аварійні виходи.
- Постарайтеся визначити точне число терористів.
- Якщо вдасться симулювати симптоми хвороби, з'являється можливість звільнитися в результаті переговорів: часто в ході переговорів терористи звільняють жінок, дітей, літніх і хворих людей.
- Звільнені заручники мають повідомити якнайбільше деталей: число злочинців, у яких частинах будівлі перебувають, яку зброю мають, число заручників і їхнє розташування, моральний стан терористів.
- Сховайте документи і матеріали, що можуть вас скомпрометувати.
- Віддайте особисті речі, яких вимагають терористи.
- Тримайте під рукою фотокартку родини, дітей, іноді це може зворушити злочинців.
- Не впадайте в паніку, краще постарайтеся зрозуміти наміри терористів, щоб оцінити можливості для вчинення опору.
- Спробуйте з'ясувати, налаштовані вони рішуче чи можливий діалог (може трапитися, що злочинці здадуться, аби не мати справи зі спеціальними антитерористичними підрозділами).
- Уникайте необдуманих дій, тому що в разі невдачі можна поставити під загрозу власну безпеку і безпеку інших.
- Постарайтеся визначити можливих помічників серед заручників.
- Організуйте почергове постійне спостереження за діями терористів.
- Намагайтеся зайняти себе: читати, писати, розмовляти із сусідами.

Однією з надзвичайних ситуацій нашого часу, яка може нести серйозну загрозу людині є натовп. Виникнення паніки, загальної стихійної агресії, причиною яких може стати загальна істерія, спровокована масовим протестом, страх, викликаний певним лихом або надмірна емоційність можуть перетворити велику кількість звичайних людей в натовп, який здатна

змести і знищити все на своєму шляху. Статистика свідчить, що у місцях, де збирається дуже багато людей некеровані панічні дії натовпу можуть викликати навіть людські жертви. Рятуючись від різних надзвичайних ситуацій люди теж можуть збиватись у панічні скупчення, які діють за психологією натовпу (натовп сліпий до потреб «одиниць», він живе «масою»).

Щоб не загинути у натовпі потрібно дотримуватись правил поведінки, які дозволять зберегти власне життя:

- Не попадати в натовп або обійти його – це головне правило.
- Якщо Вам не вдалось уникнути натовпу, то ні в якому разі не йдіть проти натовпу. Пам'ятайте, що саме небезпечне – бути затиснутим і затоптаним у натовпі! Люди в паніці не помічають тих, хто знаходиться поряд. Кожен думає про особистий порятунок.
- Якщо натовп утворений у приміщенні, то найбільша тиснява буває в дверях – люди пориваються вперед, до виходу. Тому, при вході в будь-яке приміщення треба звертати увагу на запасні і аварійні виходи, знати як до них добратися.
- Не наближайтесь до вітрин, стін, скляних дверей, які Вас можуть притиснути і роздавити.
- Якщо натовп захопив Вас – не чиніть йому опору. Глибоко вдихніть зігніть руки в ліктях, підніміть їх, щоб захистити грудну клітину.
- Не тримайте руки в кишенях, не чіпляйся ні за що руками – їх можуть зламати. Якщо є можливість, застібніть одяг, зніміть взуття на підборах, викиньте сумку, парасольку і т.д.
- Якщо у Вас щось впало, ні в якому разі не намагайтесь підняти – життя дорожче.
- Головне завдання в натовпі – не впасти. Якщо Вас збили з ніг і Ви впали на землю, спробуйте згорнутися клубком і захистити голову руками, прикриваючи потилицю. При будь-якій можливості треба спробувати встати.

Варто зазначити, що на початку XXI століття поняття тероризму і катастрофи стали тотожними. Особливо, якщо йдеться про прояви тероризму із застосуванням засобів масового ураження. Саме такий тероризм може привести весь світ до катастрофи. Величезною небезпекою для життя людей в усьому світі є зброя масового ураження, під час застосування якої виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок руйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій.

Воєнні експерти стверджують, що якщо у XXI ст. виникнуть війни, вони будуть короткочасними, подібними до тих, під час яких планувалось застосування ядерної зброї. Після низки випробувань ядерної зброї, моделювання обстановки, що виникла внаслідок її використання, ряду техногенних катастроф на ядерних об'єктах, зокрема на Чорнобильській АЕС (Україна, 1986 р.) та АЕС «Фукусіма-1» (Японія, 2011 р.), людство зрозуміло, що ядерна війна призведе до зникнення цивілізації взагалі. Тому загроза миттєвого ядерного знищення за останні десятиліття втратила свою гостроту, але сьогодні вона в жодному разі не виключається.

Сьогодні серйозною загрозою людству є виготовлення і накопичення високоточної зброї, що уражає будь-яку ціль на полі бою. Така зброя може знищувати ракети, які щойно запущені, живу силу та бойову техніку на полі бою. Спрямовані лазером та забезпечені комп'ютерами, ракети практично зі стовідсотковою точністю потрапляють у ціль; такі сучасні види зброї, як бомби об'ємного вибуху, кулькові бомби, міни, сучасна вогнепальна зброя призводять до масових санітарних втрат, серед яких переважають тяжкі поранення та ураження, що потребують тривалих термінів лікування.

На даний час зберігається доволі умовний поділ зброї на звичайну, до якої належить вогнепальна (як кульова, так і вибухової дії), запальновальну та зброю масового ураження (ядерна, хімічна, біологічна або бактеріологічна).

Під час Першої світової війни, 22 квітня 1915 р., німці застосували небачену зброю, наслідки застосування якої жахнули світ. Поблизу бельгійського міста Інд німецька армія вперше в історії застосувала хімічну зброю. Не готові ні технічно, ні психологічно до таких дій, солдати протилежної сторони поспішно покидали бойові позиції, гинули і корчилились, уражені газом. Фронт було прорвано. У першій хімічній атаці німці витратили 180 т хлору, випускаючи його з балонів протягом п'яти хвилин на ділянці фронту протяжністю 6-8 км. У

результаті хімічної атаки отруєння отримали 15 тис. солдатів французької і канадської армій, 5 тис. бійців загинуло.

Хімічна зброя застосовується для масового ураження людей, зараження місцевості, споруд, техніки, води та продуктів харчування. Основу хімічної зброї складають отруйні речовини, які відповідають визначеним технічним вимогам, мають певні фізико-хімічні та надзвичайно токсичні властивості, що забезпечують найбільшу бойову ефективність при використанні. Поширеною є класифікація отруйних речовин за токсичною дією на організм людини: нервово-паралітичної дії; шкірноаривної дії; загальноотруйної дії; задушливої дії; подразливої і сльозоточивої дії; психохімічної дії [3].

Дії населення у разі викиду отруйних речовин:

- Якщо є можливість, треба надягнути протигаз і дістатися найближчого сховища, якщо такої змоги немає, потрібно виходити із зони зараження. При цьому одягнути головний убір, верхній одяг (краще плащ), взути гумові чоботи, рот і ніс прикрити ватно-марлевою пов'язкою, змоченою у воді або у 5 % розчині лимонної кислоти (при викиді аміаку), 2 % розчині питної соди (при викиді хлору) і рухатися до виходу.
- Якщо Ви не почули, куди потрібно рухатися, варто йти у напрямку, перпендикулярному до руху вітру.
- Ні в якому разі не можна ховатися у підвали, яри.
- У випадку неможливості дістатися сховища або вийти з зони зараження, потрібно залишатися у будинку, але при цьому щільно закрити вікна, двері, димоходи, вентиляційні отвори; вхідні двері закрити щільною тканиною, щілини у вікнах заклеїти.
- При отруєнні, потрібно припинити будь-які пересування, обмежити рухи і пити у великій кількості теплий чай, молоко, потім – обов'язково звернутися лікаря.

Важливим є факт, що на сьогодні 190 держав світу підписали «Конвенцію про заборону розробки, виробництва, накопичення, застосування хімічної зброї та про її знищення». Україною Конвенція підписана у 1993 р. і ратифікована Законом № 187-ХІV від 16 жовтня 1998. Не підписали Конвенцію Північна Корея, Єгипет, Ангола, Південний Судан.

Перед загрозою зростання масштабів тероризму особливого значення набуває співпраця держав у боротьбі з ним. У результаті спільних зусиль держави уклали ряд міжнародних угод, в яких подано юридичне визначення деяких видів тероризму і передбачаються заходи боротьби з ним. Світова практика свідчить, що боротьба з тероризмом повинна належати до загальнодержавних завдань. З цією метою в рамках ООН розроблена система протидії поширенню організованого міжнародного тероризму.

Сьогодні в нашій державі є багато проблем економічного та соціально-політичного характеру, але першочергова, якій треба приділяти серйозну увагу – проблема загрози безпеки тероризму та його супутніх факторів. Необхідно завжди пам'ятати – тероризм стосується кожного. Його жертвами можуть стати всі без розбору та виключення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дем'янчук І. Людство має бути захищене від тероризму /І. Дем'янчук // Універсум. – 2001. – № 710. – С.3-4.
2. Закон України «Про боротьбу з тероризмом» 638-IV від 20 березня 2003 року. Режим доступу до док.: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/638-15>
3. Мягченко О. П. Безпека життєдіяльності людини та суспільства. Навч. пос./ О. П. Мягченко. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 384 с.
4. Семиноженко В. В нову еру міжнародних відносин. Тероризм: сучасні гуманітарні виклики та відповіді / В.Семиноженко // Політика і час. – 2001. – № 11. – С.25-27.

АВТОРСЬКА ДОВІДКА:

ПОВЕДА ТЕТЯНА ПЕТРІВНА – к. пед. наук, доцент, доцент кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

МЕНДЕРЕЦЬКИЙ ВАДИМ ВЛАДИСЛАВОВИЧ – д. пед. н., професор, професор кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка

ТЕМА СТАТТІ: Надзвичайні ситуації нашого часу: актуальні питання на заняттях з безпеки життєдіяльності у ВНЗ

Анотація. Стаття містить матеріал, який є актуальним на практичних заняттях з безпеки життєдіяльності в університеті. Розкрито поняття «тероризм», виділено його основні складові, зібрано рекомендації та правила поведінки для людей, які можуть опинитись у неконтрольованому натовпі, зоні використання зброї масового ураження, стати заручником терористів.

Ключові слова: безпека життєдіяльності, тероризм, надзвичайна ситуація, заручник, натовп.

ТЕМАТИЧНА СПРЯМОВАНІСТЬ: Актуальні питання загальної та спеціальної освіти з цивільного захисту та кризового менеджменту

ЕЛЕКТРОННА АДРЕСА: povedat@gmail.com **МОБ. ТЕЛ.:** 067-6624492

ПОВЕДА ТАТЬЯНА ПЕТРОВНА - к. пед. наук, доцент, доцент кафедри методики преподавания физики и дисциплин технологической сферы образования Каменец-Подольского национального университета имени Ивана Огиенко

МЕНДЕРЕЦЬКИЙ ВАДИМ ВЛАДИСЛАВОВИЧ - д. пед. н., професор, професор кафедри методики преподавания физики и дисциплин технологической сферы образования Каменец-Подольского национального университета имени Ивана Огиенко

ТЕМА СТАТЬИ: Чрезвычайные ситуации нашего времени: актуальные вопросы на занятиях по безопасности жизнедеятельности в вузах

Аннотация. Статья содержит материал, который является актуальным на практических занятиях по безопасности жизнедеятельности в университете. Раскрыто сущность понятие «терроризм», выделены его основные составляющие, собрано рекомендации и правила поведения для людей, которые могут оказаться в неконтролируемом толпе, зоне использования оружия массового поражения, стать заложником террористов.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, терроризм, чрезвычайная ситуация, заложник, толпа.

ЭЛЕКТРОННЫЙ АДРЕС: povedat@gmail.com **МОБ. ТЕЛ.:** 067-6624492

POVEDA TETIANA PETROVNA – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor? Kamenets-Podolskiy Nationality University of Ivan Ogienko

MENDERETSKYY VADIM VLADYSLAVOVYCH – Doctor of Sciences, Full Professor, Kamenets-Podolskiy Nationality University of Ivan Ogienko

THE DANGEROUS SITUATION OF OUR TIME: CURRENT ISSUES OF SAFETY LIFE AT LESSONS AT UNIVERSITY

Abstract. This article contains material which is relevant to the workshops on safety of life at university. The concept of "terrorism", highlighted its main components, contains guidelines and rules of conduct for people who may find themselves held hostage, in a crowded area of use of weapons of mass destruction.

Key words: life safety, terrorism, dangerous situation, hostage.

В.В. Мохор
д-р техн. наук, проф.

В.В. Цуркан
канд. техн. наук

Я.Ю. Дорогий
канд. техн. наук, доц.

О.М. Крук

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РИЗИКОМ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЇ

Розглядається функціональна модель системи керування ризиком безпеки інформації. Вона представляється діаграмою в графічній нотації IDEF0. Відповідно до такого відображення, формалізується діяльність зі збереження конфіденційності, цілісності та доступності інформації в організації шляхом визначання мети, точки зору моделі та множини її функцій. Для цього використовується узагальнений підхід, що описується в міжнародних стандартах ISO/IEC 27005:2011, ISO 31000:2009, IEC 31010:2009 та ISO/TR 31004:2013. Це дозволить наочно відобразити умови та результати виконання функцій системи, що моделюється, у встановлених межах.

Ключові слова: *ризик безпеки інформації, система керування ризиком безпеки інформації, функціональне моделювання, функціональна модель, IDEF0.*

*V. Mokhor
Doc. of Sc. (Eng.), Prof.*

*V. Tsurkan
Cand. of Sc. (Eng.)*

*Y. Dorohyi
Cand. of Sc. (Eng.), Assoc. Prof.*

O. Kruk

FUNCTIONAL MODEL OF INFORMATION SECURITY RISK MANAGEMENT SYSTEM

The system is developing by identifying her functional boundaries, functions and terms of their performance. This will be possible by the way of its functional simulation. Thus, resulting functional model will be presented in IDEF0 graphical diagram notation. According to this view, information security risk management activities are formalized by defining objectives, terms of model and set of functions. For these purposes, a generic approach described in the international standard ISO/IEC 27005:2011, ISO 31000:2009,

ISO/TR 31004:2013 and IEC 31010:2009is was used. At last, such approach has given us the possibility to visualize the conditions and results of their execution by the system was simulated, within the prescribed limits.

Keywords: information security risk, information security risk management system, functional modeling, functional model, IDEF0.

Постановка проблеми

Розроблення та впровадження системи керування ризиком безпеки інформації здійснюється за принципами та рекомендаціями міжнародних стандартів ISO 31000 «Керування ризиками. Принципи та настанови», ISO/TR 31004 «Керування ризиками. Рекомендації для впровадження ISO 31000», IEC 31010 «Керування ризиками. Методи оцінювання ризиків», а також ISO/Guide 73 «Керування ризиками. Словник» [1-4]. Це обумовлено тим, що в ISO/IEC 27005 «Інформаційна технологія. Методи та засоби забезпечування безпеки. Керування ризиком безпеки інформації» наведено загальний підхід до керування ризиком безпеки інформації [5]. Тому така система розробляється з огляду на функціональні межі, функції та умови виконання функцій, що визначаються за результатами її функціонального моделювання в графічній нотації IDEF0 [6-8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналізування та синтезування організаційно-технічних систем методом функціонального моделювання в нотації IDEF0 здійснюється в різноманітних сферах [8], зокрема й безпеки інформації [9-14]. Це обумовлено наявністю засобів для моделювання широкого спектру процесів забезпечування її конфіденційності, цілісності та доступності в організації на будь-якому рівні деталізації. Отримані при цьому результати використовуються як підґрунтя для прийняття рішень про реконструювання, замінювання або розроблення нової системи [8].

З огляду на проведений аналіз останніх досліджень і публікацій, мета даної роботи формулюється як синтезування системи керування ризиком безпеки інформації шляхом побудови її функціональної моделі в графічній нотації IDEF0.

Виклад основного матеріалу дослідження

Система керування ризиком розробляється та впроваджується в організації з метою забезпечування безпеки інформації з прийнятним рівнем ризику. Це досягається шляхом встановлювання вимог до безпеки інформації в організації та, як наслідок, побудовою ефективної системи керування безпекою інформації [5, 15]. Тоді як система керування ризиком є її фундаментальною основою та невід'ємною частиною всіх видів діяльності, що пов'язані зі забезпечування безпеки інформації в організації [5].

Для цього визначаються потоки матеріальних та інформаційних об'єктів, перетворювання яких відображається функціональною моделлю. У даному випадку матеріальними об'єктами є інформаційні активи організації, що описуються інформаційними потоками, а саме:

- інформацією про інформаційні активи, наприклад: назва, місце знаходження, прізвище, ім'я, по-батькові, посада відповідальних за них;
- інформацією про організацію, що використовується для з'ясування внутрішнього та зовнішнього контекстів системи керування ризиком безпеки інформації. Завдяки цьому визначаються її сфера та межі впровадження, критерії оцінювання ризику, критерії впливу та критерії прийняття ризику. Результативність цього визначання обумовлюється наявністю таких відомостей про організацію [5]:
- стратегія та політика організації;
- процеси в організації;
- функції та структура організації;
- правові, керівні та договірні вимоги в організації;
- політика безпеки інформації в організації;

- місце знаходження організації та його географічні характеристики;
- обмеження діяльності організації;
- очікування причетних сторін;
- соціокультурне середовище.

Водночас діяльність із керування ризиком безпеки інформації обмежується вимогами, настановами та рекомендаціями міжнародних нормативно-правових документів [16]. Зокрема, ними визначається ця діяльність, вводяться обмеження на процеси в рамках неї.

З урахуванням визначених нормативно-правовими документами обмежень здійснюється керування ризиком безпеки інформації на основі відомостей про інформаційні активи та організацію за допомогою

- механізмів [1-5, 8];
- керівництво, персонал організації та причетні сторони, що залучаються до розроблення та впровадження системи керування ризиком безпеки інформації або мають відношення до цієї діяльності (причетні сторони);
- організаційно-технічна система (ОТС), що визначається як організаційна структура та комплекс технічних засобів (обладнання) для керування ризиком безпеки інформації;
- ресурси, що використовуються для керування ризиком безпеки інформації, наприклад [4]: компетентність, досвід, здібності та можливості групи оцінювання ризику; обмеження щодо часу та інших ресурсів організації; наявний бюджет, у разі залучання зовнішніх ресурсів.
- та виклику [1-5, 8];
- система керування безпекою інформації (СКБІ), що визначається для забезпечення взаємозв'язку системи керування ризиком безпеки з системою керування безпекою інформації.

Крім цього, за основним принципом функціонального моделювання в нотації IDEF0 класифікуються явища та події, що пов'язані з функціонуванням системи керування ризиком безпеки інформації. [1-5, 8]. Така класифікація спрощує визначення функціональних меж та сприяє виробленню одноманітних підходів та прийомів моделювання означеної системи в сфері безпеки інформації [7, 8]. Це досягається поділом функцій на дві групи: основні та додаткові. У рамках кожної з цих груп визначаються класи блоків перетворювання для їх відображення. Внаслідок цього отримується відношення ієрархічної підпорядкованості за принципом «зверху-вниз» (див. рис. 1): діяльність – субдіяльність – процес – підпроцес [3, 7, 8].

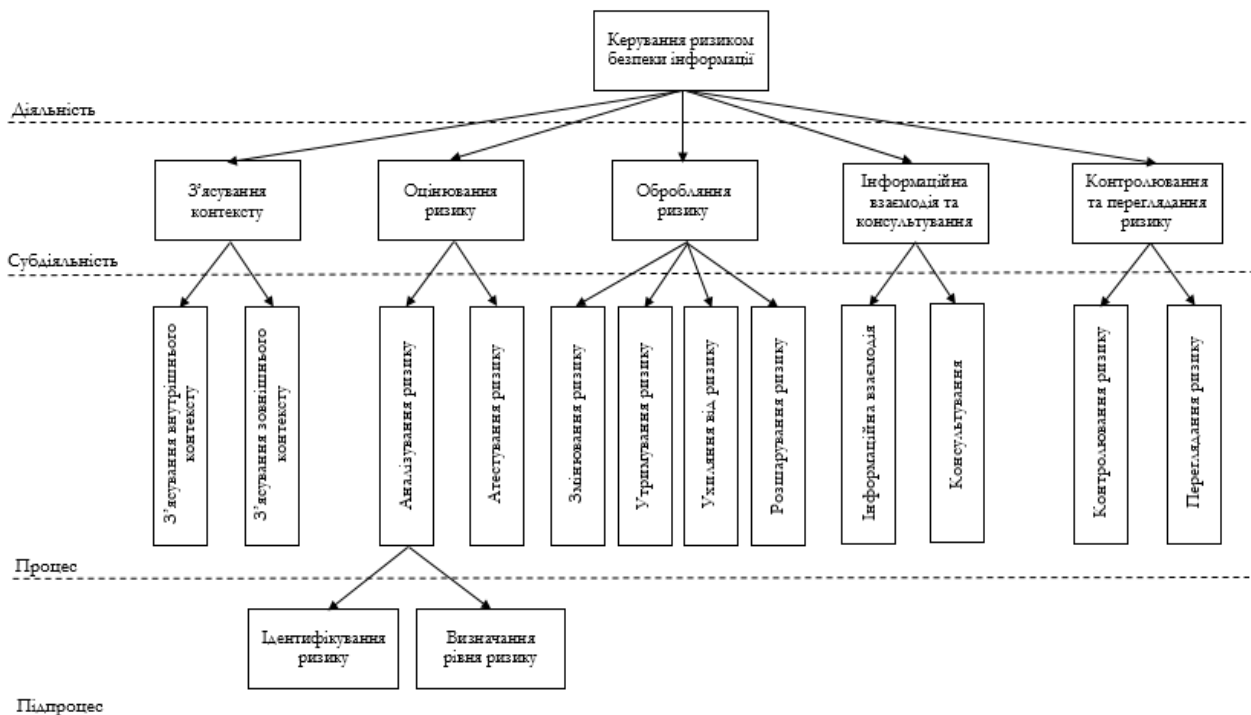


Рисунок 1 – Класифікація функцій системи керування ризиком безпеки інформації

Завдяки такому підходові можливе встановлювання відповідності між функціями та механізмами їх виконання. У даному випадку механізм може тлумачитися як організаційно-технічна структура. Водночас одним із основних принципів функціонального моделювання є «відокремленість» організації від функцій [7, 8]. Однак, незважаючи на це, між ієрархією функцій та ієрархією механізмів існує відповідність, що представлена на рис. 2 [8].

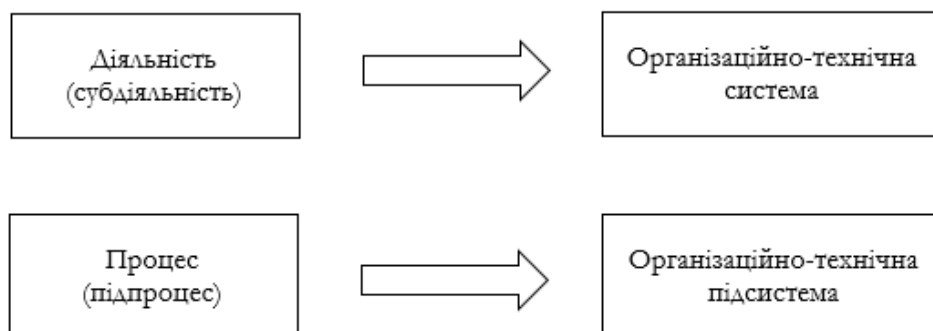


Рисунок 2 – Відповідність між функціями та організаційно-технічними структурами

При цьому система керування ризиком безпеки інформації моделюється без орієнтування на організаційно-технічну систему, але з можливістю встановлювання відповідності між елементами функціональної моделі та об'єктами організаційно-технічної структури. Внаслідок цього вона розглядається як результат функціонального моделювання системи керування ризиком безпеки інформації [7, 8].

Таким чином, функціональне моделювання системи керування ризиком безпеки інформації в нотатії IDEF0 зводиться до її відображення окремим функціональним блоком як показано на рис. 3 [1-8]. Ним позначається функція верхнього рівня, її входи, виходи, обмеження, механізми та виклик, а також формулюється мета й точка зору побудови функціональної моделі. Завдяки цьому отриманою моделлю відображається структура системи керування ризиком безпеки інформації, функціональні межі, функції та умови їх виконання.

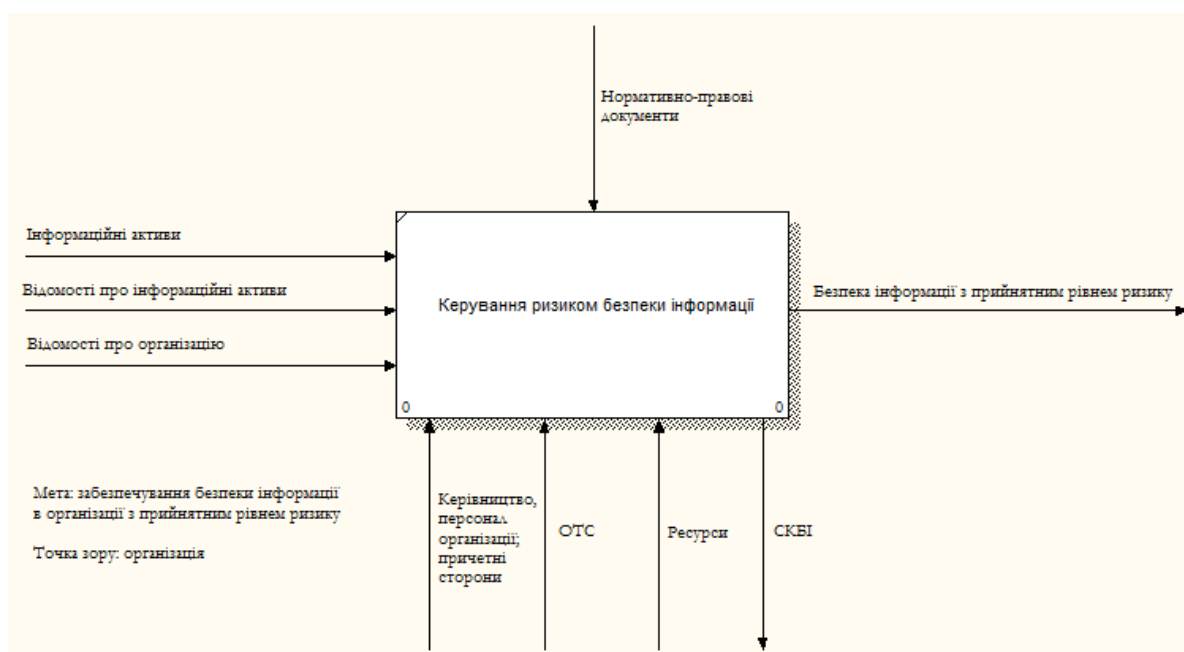


Рисунок 3 – Функціональна модель системи керування ризиком безпеки інформації

Висновки

За результатами функціонального моделювання побудовано модель системи керування ризиком безпеки інформації шляхом її відображення окремим функціональним блоком в нотатії IDEF0. Завдяки цьому встановлено функцію верхнього рівня означеної системи як

керування ризиком. Дану функцію визначено діяльністю із забезпечування безпеки інформації з прийнятним рівнем ризику в інтересах організації на основі інформації про неї та її інформаційні активи за допомогою механізмів і виклику з урахуванням обмежень, що накладаються відповідними нормативно-правовими документами.

Завдяки цьому стало можливим класифікування діяльності із керування ризиком безпеки інформації за принципом «зверху-вниз». Такою класифікацією спрощено визначання функціональних меж та вироблено єдиний підхід до моделювання відповідної системи в сфері безпеки інформації. Як наслідок, отримано відношення ієрархічної підпорядкованості: діяльність – субдіяльність – процес – підпроцес.

Перспективи подальших досліджень

У перспективах подальших досліджень планується декомпозиціювати функціональну модель системи керування ризиком безпеки інформації з огляду на отримане відношення ієрархічної підпорядкованості. Внаслідок цього буде визначено її підсистеми, модулі (комплекси) та блоки. Це сприяє зведенню діяльності, субдіяльності, процесів, підпроцесів до операцій та дій керування ризиком безпеки інформації і, в кінцевому випадку, деталізуванню відношення ієрархічної підпорядкованості до означених рівнів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мохор В. В. Изложение стандарта «ISO 31000:2009. Risk management. Principles and guidelines» на русском языке / В. В. Мохор, А. М. Богданов / Das Management. – 2011. – № 3. – С. 5-18.
2. Мохор В. В. BS 31100:2008. Обращение с рисками : общие практические рекомендации / В. В. Мохор, А. М. Богданов / Das Management. – 2011. – № 4. – С. 7-28.
3. Мохор В. В. Спроба локалізації ISO GUIDE 73:2009 «Risk management – Vocabulary» / В. В. Мохор, О. М. Богданов, О. М. Крук, В. В. Цуркан // Безпека інформації. – 2012. – Том 18, № 2. – С. 12-22.
4. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (IEC 31010:2009, IDT) : ДСТУ IEC 31010:2013. – [Чинний від 2014-07-01]. – К. : Мінекономрозвитку України, 2015. – 73 с. – (Національний стандарт України).
5. Information technology. Security techniques. Information security risk management : ISO/IEC 27005:2011. – Second edition 2011-06-10. – Geneva, 2011. – P. 68.
6. Systems and software engineering. System life cycle processes : ISO/IEC 15288:2015. – Second edition 2015-05-15. – Geneva, 2015. – P. 108.
7. Цуркан В. В. Функціональний підхід до моделювання процесу менеджування ризику безпеки інформації / В. В. Цуркан // Информационные технологии и безопасность. Оценка состояния: Материалы международной конференции ИТБ-2013. – К. : ИПРИ НАН Украины, 2013. – С. 193-194.
8. Методология функционального моделирования IDEF0 : РД IDEF0:2000. – [Действует с 2001-07-02]. – М. : Госстандарт России, 2000. – 75 с.
9. Комин Д. С. IDEF модели оценки уровня гарантий информационной безопасности / Д. С. Комин, А. В. Потий // Вісник Харківського національного університету. – 2010. – № 925, вип. 14. – С. 98-105.
10. Васильев В. И. Система поддержки принятия решений по обеспечению персональных данных / В. И. Васильев, Н. В. Белков / Вестник УГАТУ. – 2011. – Том 15, № 5 (45). – С. 54-65.
11. Цыбулин А. М. Многоагентный подход к построению автоматизированной системы управления информационной безопасностью предприятия / А. М. Цыбулин // Известия ЮФУ. Технические науки. Информационная безопасность. – 2012. – № 12. – С. 111-116.
12. Булдакова Т. И. Анализ информационных рисков виртуальных инфраструктур здравоохранения [Электронный ресурс] / Т. И. Булдакова, С. И. Суятинов, Д.А. Миков // Информационное общество. – Режим доступа: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/>

- ВРА/87f599404bc9073d44257c2a00476485. – Дата доступа: февраль 2016. – Название с экрана.
13. Миков Д. А. Анализ методов изучения потоков данных для оценки рисков информационной безопасности / Д. А. Миков // Prospero. – 2014. – № 7. – С. 27-33.
 14. Оладько В. С. Программный комплекс для оценки уровня защищенности систем электронной коммерции / В. С. Оладько // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 4 (33). – С. 46-53.
 15. Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements : ISO/IEC 27001:2013. – Second edition 2013-10-01. – Geneva, 2013. – P. 23.
 16. Мохор В. В. Нормативно-правовой аспект розроблення системи менеджовування ризику безпеки інформації / В.В. Мохор, В. В. Цуркан, О. М. Крук // Інформаційна безпека України : зб. наук. доп. та тез науково-технічної конференції (м. Київ, 12-13 березня 2015 р.). – К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2015. – С. 122-123.

А.Ю. Цина
д.п.н, проф.

А.А. Ткаченко

ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ТА ЇХ ПРИЙНЯТНИХ РІВНІВ ДЛЯ ДЕКЛАРУВАННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Стаття присвячена актуальній проблемі запровадження сучасних загальних спеціалізованих галузевих норм з визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (далі – ОПН). Метою проведеного дослідження є обґрунтування шляхів реалізації таких механізмів декларування безпеки ОПН як оцінювання ризиків та їх прийнятних рівнів. В роботі використані методики регулювання у сфері управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Структуру статті визначено такими завданнями дослідження: обґрунтувати механізм державного регулювання у сфері управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій засобами декларування безпеки ОПН; визначити механізми нормування, прийнятності та оцінювання ризиків для об'єктів економіки; охарактеризувати шляхи зниження ризиків суб'єктами управління ОПН до прийнятних значень.

Ключові слова: *ризики, декларування безпеки, об'єкти підвищеної небезпеки*

IDENTIFICATION OF RISKS AND THEIR ACCEPTABLE LEVELS FOR THE DECLARATION OF SAFETY OF HIGH-RISK

The article is devoted to actual problem of introduction of modern General specialized industry regulations with the definition of risks and their acceptable levels for the Declaration of safety of high-risk facilities ("HRF"). The aim of this study is to justify the ways of implementation of such mechanisms for the Declaration of safety of HRF in risk assessment and acceptable levels. The study used methods of regulation of risk management of emergency situations of technogenic and natural character. The structure of the article identified the following objectives of the study was to substantiate the mechanism of state regulation in the sphere of risk management of emergency situations by means of declaring the safety of HRF; to determine the mechanisms of regulation, eligibility and risk assessment for objects of the economy; to describe ways of reducing risk management subjects the arrester to acceptable values.

Key words: *risks, Declaration of security, the high risk facilities*

Існуюча тенденція підвищення ризиків для життєдіяльності людини змушує змінювати традиційні для економіки нашої країни методи при вирішенні проблем безпеки ОПН. Світовий досвід визнає найбільш ефективним ризик-орієнтований підхід до управління техногенною та природною безпекою, який ґрунтується на досягненні певного рівня безпеки, балансу вигод і витрат в межах окремого об'єкта, території і держави в цілому. Прийнятою Урядом України Концепцією управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій (далі – НС) техногенного та природного характеру ставиться завдання досягнення у державі рівня техногенної та природної безпеки, прийнятого в економічно розвинених країнах [1]. Ризик є

загальноприйнятою у світовій практиці мірою небезпеки для життєдіяльності населення, функціонування об'єктів економіки.

Разом з тим, актуальною проблемою останніх років залишається відсутність в Україні загальних спеціалізованих галузевих норм з визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки ОПН. Недосконалість існуючих у країні нормативних документів щодо декларування безпеки ОПН не дає змоги досягти сьгодніх рівнів ризиків у галузях техногенної та природної безпеки на прийнятних для суспільства рівнях.

Актуальність проблеми запобігання аварій, а також забезпечення готовності до локалізації, ліквідації аварій та їх наслідків вимагає оновлення механізмів декларування безпеки ОПН. **Метою** даної наукової статті є обґрунтування шляхів реалізації таких механізмів декларування безпеки ОПН як оцінювання ризиків та їх прийнятних рівнів.

Поставлена мета була конкретизована розв'язанням наступних **завдань** дослідження:

1. Обґрунтувати механізм державного регулювання у сфері управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій засобами декларування безпеки ОПН.
2. Визначити механізми нормування, прийнятності та оцінювання ризиків для об'єктів економіки.
3. Охарактеризувати шляхи зниження ризиків суб'єктами управління ОПН до прийнятних значень.

Об'єктом дослідження обрано декларування безпеки ОПН як механізм державного регулювання у сфері управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

Предмет дослідження – визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

Наукова робота виконана як окрема частина загальної теми наукових розробок кафедри виробничо-інформаційних технологій та безпеки життєдіяльності Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка «Вдосконалення змісту та методики викладання циклу дисциплін цивільної безпеки в ВНЗ та школі».

Отримані результати дослідження шляхів визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки ОПН запроваджені в навчальний процес у 2014-2015 навчальних роках при розробці навчально-методичних комплексів з дисциплін «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці», «Охорона праці в галузі» та «Цивільний захист», в діяльність із планування заходів безпеки штабу цивільного захисту та служби охорони праці національного педагогічного університету

Територія України характеризується наявністю значної кількості природних загроз та техногенних джерел небезпеки. Наявність ОПН у поєднанні з уразливістю території сприяють виникненню аварій, соціально-економічним наслідком яких виступають НС. Розподіл НС техногенного походження залежить в основному від техногенного навантаження території. Аналіз цих факторів виникнення НС дає змогу виявляти об'єкти та території з несприятливим рівнем ризику НС [2, с.69].

Суб'єкти господарської діяльності, у власності або користуванні яких є хоча б один ОПН, організовують розроблення і складання декларації безпеки цього об'єкта. Декларування безпеки – це документ, що визначає комплекс заходів, які приймаються суб'єктом господарської діяльності з метою запобігання аварій, а також забезпечення готовності до локалізації, ліквідації аварій та їх наслідків. Декларація безпеки складається на основі дослідження суб'єкта господарської діяльності, даних про ступінь небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення аварії, пов'язаною з експлуатацією об'єкту. Порядок та вимоги щодо складання декларації викладені в Порядку декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки [3; 4].

Декларація повинна включати:

- результати всебічного дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику;
- оцінку готовності до експлуатації об'єкту у відповідності до вимог безпеки;
- перелік прийнятих з метою зниження ризику рішень та здійснених з цією метою заходів;
- відомості про заходи з локалізації і ліквідації можливих наслідків аварій.

Суб'єкт господарської діяльності забезпечує проведення експертизи повноти досліджень ступеня небезпеки і оцінки рівня ризику, а також обгрутованості і достатності проведених заходів. Експертизу декларації безпеки ОПН повинні проводити організації, які мають відповідні дозволи (ліцензії) на здійснення таких видів діяльності. Забороняється проведення експертизи декларації безпеки організацією, яка є її розробником.

Декларація безпеки разом з позитивним висновком експертизи подається відповідним територіальним органам Держпраці, Держінспекції цивільної оборони і техногенної безпеки, Держекоінспекції, санітарно-епідеміологічної служби, Держпожежбезпеки, Держархбудінспекції і до місцевої держадміністрації.

У 30-ти денний строк місцеві адміністрації сповіщають в регіональних засобах масової інформації відомості про об'єкт:

- назву об'єкту ;
- інформацію щодо посадових осіб;
- короткий опис виробничої діяльності;
- перелік основних характеристик небезпеки;
- короткі відомості про можливі наслідки і рівні ризику виникнення аварій, заходи по їх локалізації та ліквідації;
- відомості про способи оповіщення і необхідні дії населення.

У випадку якщо в зоні ураження можуть опинитись інші регіони, роблять повідомлення в друкованих засобах інформації цієї території. Декларування безпеки ОПН передбачена 1 раз на 5 років. Декларація доповнюється або переробляється у випадку:

- зміни умов діяльності об'єкту;
- змінах у нормативно правових актах;
- будівництво в близькості поблизу підприємств (якщо вони впливають на зміст відомостей);
- обгрутованої вимоги уповноважених органів або громадськості.

У випадку відчуження об'єкту вказані документи передаються його новому власнику.

Як засвідчує досвід економічно розвинених країн, найвпливовішими механізмами регулювання безпеки є економічні важелі стимулювання запобіжних заходів безпеки. Необхідно створити таку нормативно-правову базу, щоб власнику було не вигідно експлуатувати об'єкт із великим рівнем ризику, щоб кошти, витрачені на підвищення безпеки, були не збитковими, а давали прибуток. Це можливо тільки за умов впровадження кількісних методів визначення рівня небезпеки об'єкта на основі критеріїв ризику. [5, с.47]

Неможливість досягнення абсолютної безпеки працівників в умовах виробництва робить необхідним впровадження методик оцінювання виробничих ризиків та доведення їх до прийнятних значень засобами моніторингу та системи заходів захисту.

Для розробки декларації безпеки ОПН у відповідності до вимог Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» і Закону України «Про страхування» застосовується Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (далі – методика) [6]. Методика визначає порядок проведення аналізу небезпеки і оцінки ризику об'єктів підвищеної небезпеки, встановлює методичні принципи, терміни і поняття аналізу ризику, визначає критерії прийнятних ризиків та їх рівні.

Для об'єктів 1 класу небезпеки виконується аналіз небезпеки і оцінка ризику в повному об'ємі, для об'єктів 2 класу – визначаються тільки масштаби небезпеки. Застосування методики виконується на різних етапах функціонування об'єктів:

- розробка нових технологій і конструювання обладнання;
- проектування і розміщення нових виробництв;
- реконструкція діючих виробництв;
- експертиза діючих виробництв;
- розробка планів локалізації і ліквідації аварій;
- організація страхового захисту майна підприємств;
- розглядання конфліктів між суб'єктами господарської діяльності.

Методикою сформульовані загальні вимоги до обґрунтування методів аналізу небезпеки і оцінки ризику, визначення масштабів наслідків та визначення ризику можливих наслідків аварій. Аналіз небезпеки і ризику аварій на ОПН включає декілька етапів:

- постановка задачі;
- аналіз небезпеки та умов виникнення аварій;
- оцінка ризику (імовірності) виникнення аварій;
- аналіз умов і оцінка імовірності розвитку аварій;
- визначення масштабів наслідків аварій;
- оцінка прийнятності ризику та прийняття рішень відносно зменшення ризику.

Постановка задачі передбачає визначення мети й задач досліджень, виділення об'єктів, для яких необхідно виконувати аналіз небезпеки і ризику та визначення реципієнтів з виділенням з них об'єктів «піклування» суспільства. При виділенні об'єктів, для яких необхідно при виконанні дослідження ризику з метою розробки декларації виконати аналіз небезпеки та ризику, треба:

- визначити ті апарати або устаткування, на яких можливі аварії з найбільшим викидом небезпечних речовин;
- визначити ті з них, на яких аварії з ураженням та нанесенням збитків можливі за межами підприємства;
- встановити зони максимального ураження, вид і масштаб можливих наслідків негативних впливів;
- визначити реципієнти, що попадають у зону ураження й визначити об'єкти «піклування».

Для кожного об'єкту аналізу виконується оцінка можливості впливу зовнішніх сил, виходячи з особливостей місця його розташування. Складається перелік можливих впливів.

Виконується аналіз можливих аварій, пов'язаних з експлуатацією об'єкта. Аналізується технологічне середовище та наявність в ньому небезпечних речовин, їхні фізико-хімічні, хімічні, теплофізичні і інші властивості. Розглядається можливість виявлення небезпечних властивостей не тільки на виході за межі апаратури і контакту з атмосферою, а й можливість небезпечних процесів в апаратах і трубопроводах, в тому числі можливість протікання некерованих реакцій.

Визначають режими та відхилення в технологічній системі, що є причиною виникнення умов, за яких можлива реалізація небезпечних властивостей речовин. Для аналізу експлуатаційної небезпеки можуть використовуватись такі методи:

- «що буде, якщо?»;
- «перевірочний лист»;
- аналіз експлуатаційної небезпеки;
- інші методи.

Ступінь необхідного зниження ризику визначається двома способами: кількісними та якісними, які обумовлюють застосування відповідних цим способам методів розподілу вимог повноти безпеки потенційно небезпечних об'єктів і процесів. Орієнтиром для визначення рівнів прийняттого ризику в Україні є значення ризиків, прийняті у розвинених країнах, які становлять:

1. Мінімально можливий ризик – не більший, ніж $1 \cdot 10^{-6}$;
2. Гранично припустимий – менший, ніж $1 \cdot 10^{-4}$ [1].

Для кожної галузі економіки, небезпечної виробничої діяльності та ОПН визначаються свої нормативи мінімально можливого та прийняттого ризиків, які повинні знаходитись в межах аналогічних загальнонаціональних значень.

Безпека населення, довкілля та об'єктів економіки висувається сьогодні в число першочергових завдань у системі забезпечення національної безпеки України. Розміщення продуктивних сил і питання екології довкілля є взаємозалежними. Гранично-допустиме антропогене навантаження визначається не тільки обсягами шкідливих викидів, а й гранично-допустимим рівнем вилучення природних ресурсів, яке б не порушувало стійкість екологічного потенціалу територій країни. Обґрунтування екологічних меж господарювання стає сьогодні концептуальною основою екологізації розвитку і розміщення продуктивних сил.

Неможливість досягнення абсолютної безвідходності виробництв та відсутності їх забруднюючої дії, робить необхідним впровадження методик оцінювання техногенних ризиків та доведення їх до прийнятних значень засобами моніторингу та системи заходів захисту. Впровадження ризик-орієнтованого підходу забезпечить розвиток продуктивних сил, не вступаючи у руйнівні конфлікти з довкіллям, сприятиме розвитку і розміщенню продуктивних сил, не допускаючи надлишкової концентрації галузей виробництва.

Поєднання економічного розвитку виробництва з соціальним захистом населення забезпечуватиметься такими принципами оцінювання господарської діяльності ОПН:

- оцінювання збитків від діяльності;
- компенсація збитків від порушення екологічної рівноваги;
- запобігання можливим аваріям і небезпекам для довкілля.

Концепцією управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру задекларовано запровадження розвинутого інституту держави з кількісної оцінки техногенних і природних ризиків, що створюватиме сприятливе і необхідне підґрунтя для класифікації всіх господарських об'єктів і зонування територій за ступенем небезпеки та дасть можливість застосовувати до них правові норми і державні механізми адміністративного та економічного впливу пропорційно створюваної ними чи на них небезпеки з метою забезпечення прийнятного рівня ризику для життєдіяльності українського суспільства [1].

Наявність державного інструментарію для кількісного оцінювання рівня безпеки дасть можливість забезпечувати нормування ризиків, визначати рівні прийнятних ризиків для населення, навколишнього природного середовища та об'єктів економіки, визначати ступінь наближення України до європейських стандартів безпечної життєдіяльності.

Управління ризиками надзвичайних ситуацій має здійснюватися на основі проголошеного Концепцією управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру принципу превентивності, який передбачає максимально можливе і завчасне виявлення небезпечних значень параметрів стану чи процесу і ініціюючих подій, які створюють загрозу виникнення надзвичайних ситуацій, та вжиття конкретних заходів, спрямованих на нейтралізацію цієї загрози та/або пом'якшення її наслідків [1].

Управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру передбачає організацію постійного спостереження за рівнем небезпеки техногенних об'єктів і природних процесів та регулюючий вплив на параметри устаткування і технологічних процесів, природних комплексів, екзогенних геологічних процесів тощо в напрямі зниження їх небезпечності [7]. Регулярний моніторинг ризиків дає можливість відстежувати зміни рівня безпеки небезпечних об'єктів упродовж їх життєвих циклів та отримувати реальні оцінки їх залишкового ресурсу, що в умовах обмежених фінансових ресурсів та значної зношеності основних виробничих фондів у державі дозволяє оптимізувати витрати на ремонтні роботи і оновлення устаткування на всіх рівнях: об'єктовому, галузевому, регіональному та загальнодержавному.

Дані моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій є важливим підґрунтям для регулювання техногенної та природної безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасного реагування на загрози виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків.

Удосконалення системи моніторингу небезпечних техногенних об'єктів і природних процесів в напрямі забезпечення інформаційної бази для оцінки ризиків надзвичайних ситуацій та впровадження нових дієвих форм аналізу, оцінки, експертизи і контролю безпеки небезпечних техногенних об'єктів на всіх етапах життєвого циклу повинні стати сьогодні одними з основних напрямів державної політики з питань управління ризиками.

Наявність державного інструментарію для кількісного оцінювання рівня безпеки дасть можливість забезпечувати нормування ризиків, визначати рівні прийнятних ризиків для населення, навколишнього природного середовища та об'єктів економіки, визначати ступінь наближення України до європейських стандартів безпечної життєдіяльності.

Необхідно-заданий рівень безпеки об'єктів і процесів передбачає таке зниження ризику, який є прийнятним у даній ситуації з врахуванням як частоти виникнення небезпечних подій, так і важкості їх наслідків. Шари захисту ОПН розробляються з розрахунком необхідності зменшення як частоти виникнення небезпечних ситуацій так і їх наслідків. Загальне зниження ризику досягається засобами всіх шарів захисту і має забезпечувати достатньо низьку частоту відмов функцій безпеки, яка не перевищувала б значення прийнятного ризику.

Виникнення конкретної небезпечної події обумовлює появу ризику ОПН, що потребує врахування наявності основної системи управління ОПН і людського фактору. Прийнятний ризик (як заданий рівень безпеки ОПН) вважається прийнятним на засадах прийнятої в суспільстві системи цінностей із врахуванням соціально-політичних чинників. Ризик виникнення небезпечних подій за умов застосування всієї сукупності шарів захисту обумовлює залишковий ризик. Необхідне зниження ризику до мінімального значення, яке забезпечує прийнятний ризик забезпечується комплексом способів зниження ризику.

Встановлення прийнятного ризику є попереднім кроком для визначення необхідного ступеню зниження ризику. Прийнятний рівень ризику є ризиком меншим або рівним гранично припустимому рівню ризику, а мінімально можливий – це той рівень, нижче якого зниження ризику є економічно недоцільним.

Для людини, яка знаходиться в конкретному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, що має в своєму складі хоч би один ОПН рекомендується вважати неприйнятним індивідуальний ризик $R_i > 10^{-6}$. У всіх випадках індивідуальний ризик аварій на об'єкті підвищеної небезпеки для населення рекомендується вважати абсолютно прийнятним при рівнях $R_i \geq 10^{-8}$.

За значенням територіального ризику у виділеному регіоні і густотою населення в ньому визначається очікуване число загиблих на протязі одного року в розглядаємому регіоні, або імовірність загибелі більш ніж 10 людей R_s^k , обумовлені можливими аваріями на об'єкті підвищеної небезпеки:

$$R_s^k = P_i^k \cdot N, \quad (1)$$

де N – чисельність населення на досліджуваній території в оцінюваному році;

P_i^k – індивідуальний ризик загибелі людини в цьому регіоні [6].

В якості критерію соціального ризику може використовуватись очікувана кількість загиблих у виділеному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства на 1000 мешканців. Для життя людини рекомендується вважати неприйнятним соціальний ризик $R_s > 10^{-5}$ за межами санітарно-захисної зони підприємства, що має в своєму складі хоч би один ОПН. У всіх випадках для соціального ризику загибелі більш ніж 10 чоловік на протязі одного року у виділеному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, що має в своєму складі хоч би один ОПН ризик аварій на об'єкті підвищеної небезпеки для населення рекомендується вважати абсолютно прийнятним на рівні $R_s \geq 10^{-5}$.

Після встановлення величини прийнятного ризику і отримання величини необхідного зниження ризику, можна визначити вимоги до повноти безпеки як міри вірогідності забезпечення встановленої безпеки всіма заходами захисту.

Для оцінки ризику від кожної ініціюючої події виконується оцінка імовірності її реалізації впродовж року. Під час розглядання відхилень параметрів процесу можуть використовуватись:

- дерево «відмов»;
- аналіз видів і наслідків відмов;
- обробка статистичних даних про аварійність технологічної системи;
- експертні оцінки імовірності виникнення аварій або інші методи оцінки.

Якщо розрахована імовірність виникнення аварій є непринятною величиною, відшукуються рішення відносно його зниження.

Оцінка територіального ризику в k - тій точці простору для ініціюючої події на виділеному джерелі небезпеки з певним результатом аварії проводиться за формулою:

$$R_i^k = P_{bij} \cdot P_{um} \cdot P_{af} \cdot P_{ck}, \quad (2)$$

де R_t^k – територіальний ризик k - тої точки простору від аварії на i -тому джерелі при реалізації j -тої ініціюючої події з реалізацією одного з можливих варіантів розвитку і одного з можливих видів аварії;

P_{bij} – імовірність виникнення аварії на i -тому джерелі при реалізації j -тої ініціюючої події;

P_{um} – умовна імовірність одного з можливих наслідків аварії;

P_{af} – умовна імовірність реалізації одного з можливих видів аварії (пожежі, вибуху, розсіювання шкідливих домішок і тощо);

P_{ck} – умовна імовірність смертельного результату в k - тої точки простору [6].

Для життя людини рекомендується вважати неприйнятним територіальний ризик за межами санітарно-захисної зони підприємства, що має в своєму складі хоча б один ОПН, $R_t > 10^{-5}$. У всіх випадках територіальний ризик аварій на об'єкті підвищеної небезпеки для населення рекомендується вважати абсолютно прийнятним при рівнях $R_t \geq 10^{-7}$.

Якщо відома імовірність появи людини в k - тої точки простору (P_n^k), то індивідуальний ризик загибелі в цій точці людини визначається за формулою:

$$P_i^k = R_t^k \cdot P_n^k, \quad (3)$$

де R_t^k – сумарний територіальний ризик в k - тої точки простору [6].

Об'єктивний вибір доцільного значення ризику суб'єктом управління досягається залученням груп експертів-фахівців з великим досвідом у різних галузях знань із використанням широких за періодом отримання статистичних даних щодо техногенної та природної безпеки. Послідовність вибору починається спочатку з розрахунку базового ризику з подальшим обґрунтуванням заходів щодо його зменшення до величини залишкового ризику.

У випадку необхідності розглядаються рішення по зниженню ризиків до прийнятного значення. З урахуванням особливостей небезпечних речовин, що застосовують на ОПН, апаратного та технологічного оформлення ОПН, географічного розташування, рельєфу і кліматичних умов місцевості і т.п., місцеві адміністрації можуть встановлювати прийнятний ризик для інших об'єктів «підкування» (окрім людини). До них належать: соціально важливі об'єкти (місця великого скупчення людей (стадіони, кінотеатри, лікарні, тощо), природоохоронні об'єкти (заповідники, парки), зони відпочинку, об'єкти культури, об'єкти життєзабезпечення та місця розташування органів місцевого самоврядування); елементи екосистеми (флора і фауна, атмосфера, водне середовище, земля, включаючи підземні води); майно юридичних та фізичних осіб (житлові та господарські будівлі, транспортні засоби, майно підприємств, орні землі тощо). Прийнятний ризик повинен встановлюватись місцевими органами влади з урахуванням:

- діючих нормативних актів;
- угоди між суб'єктами господарської діяльності, що є власником ОПН і зацікавленими сторонами;
- економічних і соціальних умов регіону;
- експертних оцінок;
- досвіду інших регіонів.

Заходи зі зменшення ризику можуть мати технічний або організаційний характер. При виборі конкретних заходів вирішальне значення має їх загальна оцінка дієвості та надійності. Є певні пріоритети :

- заходи зі зменшення імовірності виникнення аварії;
- заходи зі зменшення імовірності розвитку аварії;
- заходи зі зменшення тяжкості наслідків аварії.

Треба також враховувати можливість фінансування запропонованих заходів (у разі можливості та необхідності їх вибору), проаналізувати їхню ефективність.

Вплив уражуючих факторів на об'єкти «підкування» не означає неминучого настання незадовільних наслідків. На кожному етапі розвитку аварії необхідно оцінювати імовірність наслідків. При оцінці рівня ризику наслідків аварії необхідним є визначення для виявлених в процесі аналізу напрямів її розвитку і для кожного етапу її розвитку, чи може вона на цьому етапі бути локалізована чи ліквідована.

За значенням територіального ризику у виділеному регіоні і густоти населення в ньому визначається очікуване число загиблих на протязі одного року в регіоні, або імовірність загибелі в регіоні на протязі року певної кількості людей, обумовлена можливими аваріями на ОПН.

Рекомендується для моделювання аварій, аналізу небезпеки і оцінки ризику застосовувати комп'ютерні програми і програмні засоби. Пріоритетними у використанні є методичні матеріали, узгоджені або затверджені Держпраці, ДСНС, МОЗ, МВС, Мінекоресурсів, Держбудом і іншими органами виконавчої влади.

Для ОПН прийнятний ризик встановлюється з урахуванням заподіяного ними масштабу небезпеки і розташування в регіоні інших підприємств, що мають ОПН, за умов, що сумарний ризик виникнення небажаних наслідків не перевищує встановленого Методикою визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки ОПН [4].

У довгостроковій перспективі максимальну користь для неблагополучних груп населення принесуть втручання, спрямовані на забезпечення більш безпечних умов функціонування ОПН в цілому, через те, що ці групи більш часто піддаються несприятливим впливам. Загальне поліпшення умов безпечної експлуатації ОПН на користь усього населення має, своєю чергою, сприяти відносно більш інтенсивному зниженню техногенно-природних ризиків для найбільш уразливих груп.

До короткострокових заходів слід включати цільові заходи та кампанії на місцевому, національному та міжнародному рівнях, спрямовані на ті групи населення, серед яких виявлено ризик найбільш тяжких або специфічних несприятливих наслідків через техногенно-природні нерівності. Ці заходи повинні служити природним доповненням до більш загальних підходів щодо створення здорових умов техногенно-природного середовища для всіх, а також забезпечувати контроль тих видів впливів ОПН, на які не можна вплинути лише шляхом загального поліпшення техногенно-природних умов. Для скорочення нерівностей та поліпшення умов для найменш благополучних верств населення, у стратегіях захисту уразливих груп слід застосовувати різнобічні підходи, спостерігаючи за тим, щоб такі втручання не поглиблювали нерівності.

Висновки

Зменшення ризиків для громадян і суспільства, захист населення і територій від НС є неможливим без запровадження сучасних методів визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки ОПН. Разом з тим, нерозв'язаною проблемою останніх років залишається недосконалість в Україні нормативних документів з декларування безпеки ОПН. Це обумовлює актуальність забезпечення державного регулювання у сфері запобігання аварій, а також забезпечення готовності до локалізації, ліквідації аварій та їх наслідків.

Отримані результати дослідження проблеми наукового обґрунтування ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки ОПН, дозволяють нам зробити наступні висновки:

1. Управління ризиками надзвичайних ситуацій на ОПН має здійснюватися на основі принципу мінімізації ризику, згідно з яким ризик надзвичайної ситуації необхідно знижувати настільки, наскільки це можливо, добиватися досягнення розумного компромісу між рівнем безпеки і розміром витрат на її забезпечення. Орієнтиром для визначення рівнів прийнятного ризику в Україні є значення ризиків, прийняті у розвинених країнах, які становлять: мінімально можливий ризик – не більший, ніж $1 \cdot 10^{-6}$; гранично припустимий – менший, ніж $1 \cdot 10^{-4}$.

2. Як захід з декларування безпеки ОПН, встановлення рівнів територіального та індивідуального ризику здійснюється на підставі оцінювання імовірності небажаної події так і пов'язаних із нею наслідків. Розпізнання небезпек здійснюється в ході їх аналізу. Вибір рівня ризику лежить в межах: від мінімального, нижче якого зниження ризику є економічно недоцільним, через залишковий рівень, за умов застосування всієї сукупності засобів захисту, до гранично допустимого, який є максимально можливим заданим рівнем безпеки, прийнятним на засадах визнаної суспільством системи цінностей. Ризик, більший за гранично допустимий до базового значення, вважається абсолютно неприйнятним.

Прийнятність ризиків для населення, довкілля та об'єктів економіки визначається регулярним моніторингом рівнів їхньої безпеки на всіх етапах життєвого циклу та передбачає таке обґрунтування рівня ризику, який є прийнятним у даній ситуації з врахуванням частоти виникнення та важкості наслідків потенційно можливих небезпечних подій. Прийнятний ризик є меншим або рівним гранично припустимому рівню ризику, а також є економічно доцільним.

3. В разі неможливості при виконанні робіт з підвищеною небезпекою вийти з зони неприйнятності заходами по зниженню неприйнятних ризиків, слід залишати ситуацію контролюваною за рівнем залишкового ризику, передаючи виконання таких видів робіт іншим (підрядним) установам і організаціям, які мають право і навчені працювати в небезпечних умовах (наприклад, Державній службі з надзвичайних ситуацій), у подальшому підтримуючи динаміку зниження залишкового ризику в напрямку до прийнятних значень.

Вплив уражуючих факторів на об'єкти «підключення» не означає неминучого настання незадовільних наслідків. На кожному етапі розвитку аварії необхідно оцінювати імовірність наслідків та визначати, чи може вона на цьому етапі бути локалізована чи ліквідована. При визначенні прийнятної ризику для ОПН негативні наслідки можуть конкретизуватись у вигляді: евакуації або обмеження вільного переміщення людей; припинення споживання питної води, електроенергії, користування засобами зв'язку; нанесення збитків ґрунтам, водним об'єктам, житлу та майну.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р «Про схвалення концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» : [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR140037.html

2. Дурдинець В. В., Саєнко Ю. І., Привалов Ю. О. Соціальні ризики та соціальна безпека в умовах природних і техногенних надзвичайних ситуацій та катастроф / В. В. Дурдинець, Ю. І. Саєнко, Ю. О. Привалов. - К. : СтилоС, 2001. - 497 с.

3. Постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 року № 956» від 21 вересня 2011 року № 990 : [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kodeksy.com.ua/norm_akt/source-%D0%9A%D0%9C%D0%A3/type-%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0/990-2011-%D0%BF-21.09.2011.htm

4. Постанова Кабінету Міністрів України «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» від 11 липня 2002 року № 956 : [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/956-2002-%D0%BF>

5. Рошчін Г. Г., Корнієнко М. М. Правове та нормативне забезпечення реагування закладів охорони здоров'я на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру / Г. Г. Рошчін, М. М. Корнієнко // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. - 2003. - №2. - С.56-58.

6. Наказ Міністерства праці та соціальної політики України «Про затвердження Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» від 4.12.2002 року № 637 : [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN5355.html

7. Кодекс цивільного захисту України : [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000992.html

УДК 614.8

В.В. Ковалишин
д-р техн. наук, проф.

Я.Б. Кирилів
канд. техн. наук, старш. наук. співроб.

О.В. Грушовінчук
канд. техн. наук

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРІВ ПІНИ ЕЖЕКЦІЙНОГО ТИПУ ПІДВИЩЕНОЇ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Змодельовано процес транспортування струменя середньої кратності двома струменями низької кратності. Також визначена оптимальна конструктивна схема розташування струменів. Встановлено вплив вітру на траєкторію узагальненого струменя. У даній роботі також було досліджено взаємодію струменів повітряно-механічної піни різної кратності. На основі теоретичних і експериментальних досліджень визначено оптимальне розташування струменів піни, яке дозволяє досягти максимального значення дальності подачі піни при мінімальних втратах кратності. Результати даного дослідження в подальшому будуть застосовані для розробки дослідного зразка піногенератора.

Ключові слова: *похилі гідравлічні струмені, математична модель, повітряно-механічна піна, рівняння, оптимальна конструктивна схема, кратність піни, дальність подачі піни*

IDENTIFICATION OF PARAMETERS FOR A FOAM GENERATOR WITH IMPROVED EXTINGUISHING EFFECTIVENESS

Initially a model was identified, which revealed the delivery process of a medium-expansion foam jet with the use of two streams of low-expansion foam. Additionally, a model with an optimal configuration of the stream system was identified and a description provided, dealing with the influence of wind on the trajectory of a combined jet. During research, tests were performed on the mutual influence of mechanical foam streams with variations of expanded foam. On the basis of experiments, an optimal location of foam streams was specified, which allows the attainment of maximum results (range) in the distribution of foam with minimal losses. Results from tests may be utilised in the future for the development of an experimental foam generating model.

Key words: *inclined hydraulic stream, mathematical model, mechanical foam, equation, optimal construction scheme, multiple foaming, foam delivery range*

Вступ. Аналіз тактико-технічних можливостей, конструктивних рішень і параметрів таких піногенераторів, що знаходяться на озброєнні ДСНС України, свідчить про обмеженість поєднання дальності і висоти подачі піни з її високою кратністю [1]. Висока кратність піни забезпечує не тільки високу ефективність гасіння пожежі, а й малу дальність і висоту подачі струменя піни, є результатом дуже малої питомої маси і низької початкової швидкості, а отже – найнижчого значення кінетичної енергії струменя.

Мала довжина струменя піни (6-8 м) вимагає наближення пожежного до вогню, що є не завжди можливим, і завжди – небезпечно. Зниження кратності піни призводить до збільшення довжини струменя, але також і до зменшення ефективності гасіння пожежі. З огляду на проблему транспортування піни високої кратності ($K > 200$) до місця пожежі і високу ймовірність руйнування автоматичних установок пожежогасіння, легкозаймисті та горючі рідини найбільш ефективно гасять повітряно-механічною піною середньої кратності ($K = 80 -$

100) або використовують плівкоутворювальні піноутворювачі на основі фторованих та інших поверхнево-активних рідин, здатних утворювати плівку, яка характеризується здатністю до самовідновлення після механічного руйнування. Оптимальна кратність пін, утворена з таких піноутворювачів значно нижче, а відповідно і дальність струменя – вище [1, 2, 3]. Однак широке використання таких піноутворювачів обмежене їхньою високою вартістю, але для підшарового гасіння ці піноутворювачі є дуже ефективні і виправдовують свою вартість. Серію таких досліджень проведено ЛДУБЖД з вітчизняним плівкоутворювальним піноутворювачем Барс AFFF-1, який дешевше закордонних аналогів.

Усунення цих та інших недоліків існуючих генераторів піни неможливо без обґрунтування параметрів і реалізації нових конструктивних рішень, якими ведеться застосування комбінованого принципу транспортування піни, що може об'єднувати переваги конструкцій генераторів піни низької та середньої кратності. Відповідно, одним із шляхів підвищення ефективності пожежогасіння легкозаймистих і горючих рідин і проведення пожежно-рятувальних робіт є розробка і впровадження установок піногенераторів, де паралельні струмені піни низької кратності виконують функцію транспортування струменя середньої кратності в зону горіння [4, 5].

Методи дослідження. З метою дослідження процесу переміщення в повітрі похилих гідравлічних струменів побудуємо математичну модель процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності. Розрахунки будуть базуватися на інтегруванні рівнянь руху матеріальних точок з урахуванням опору середовища. При взаємодії одного струменя повітряно-механічної піни (надалі просто піни) середньої кратності (80 – 100) і декількох (чотирьох) струменів піни низької (8 – 10) кратності слід також врахувати сили, що виникають в результаті взаємодії струменів між собою.

З цією метою опишемо рух струменів, спрямованих під кутом, за допомогою рівнянь динаміки кинутих вгору двох або більше абсолютно твердих тіл, умовно пов'язаних між собою силами. При цьому положення тіл в просторі в момент часу t описується двома координатами: $x = x(t)$ і $y = y(t)$ [4].

На основі аналізу літературних даних, приходимо до висновку, що найбільш адекватною є квадратична залежність сили опору струменя при його терті до повітря. Приймаємо коефіцієнт опору [6]:

$$\alpha = \frac{0,316}{\rho D} \quad (1)$$

Також приймемо, що залежність сили взаємодії між струменями від різниці швидкостей цих струменів характеризується квадратичною залежністю.

Спочатку змодельуємо процес транспортування струменя середньої кратності двома струменями низької кратності. Отримаємо систему з шести нелінійних диференціальних рівнянь

$$\begin{aligned} & \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} \\ & + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = 0 \\ & \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_1 - \dot{x}_0) \cdot ((\dot{x}_1 - \dot{x}_0)^2 + (\dot{y}_1 - \dot{y}_0)^2)^{1/2} \\ & + \beta \cdot (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_1 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_1 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = -g \\ & \ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{x}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_0) \cdot ((\dot{x}_2 - \dot{x}_0)^2 + (\dot{y}_2 - \dot{y}_0)^2)^{1/2} \\ & + \beta \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_2 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_2 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = -g \end{aligned} \quad (2)$$

з початковими умовами:

$$\begin{aligned} x_0(0) &= 0; & y_0(0) &= a; & \dot{x}_0(0) &= v_{00} \cos \Theta_1; & \dot{y}_0(0) &= v_{00} \sin \Theta_1 \\ x_1(0) &= 0; & y_1(0) &= b; & \dot{x}_1(0) &= v_{01} \cos \Theta_1; & \dot{y}_1(0) &= v_{01} \sin \Theta_1; \\ x_2(0) &= 0; & y_2(0) &= c; & \dot{x}_2(0) &= v_{02} \cos \Theta_2; & \dot{y}_2(0) &= v_{02} \sin \Theta_2; \end{aligned} \quad (3)$$

Тут, як і раніше, v_0 – швидкість витікання струменя із ствола; Θ – кут нахилу осі ствола до горизонту; α – коефіцієнт взаємодії струменя з атмосферою; β – коефіцієнт взаємодії струменів між собою. Індексом «0» позначимо струмінь піни середньої кратності, а індексами «1, 2» – струмені піни низької кратності. Константи a ; b ; c визначаються відповідно до схем розташування стволів низької кратності «1, 2, ... n» щодо ствола середньої кратності «0».

Також запишемо умову, за якої буде відбуватися взаємодія між струменями:

$$\text{Если } |y_1 - y_0| > Y_1 \text{ то } \beta = 0$$

$$\text{Если } |y_1 - y_0| \leq Y_1 \text{ то } \beta \neq 0 \quad (4)$$

де Y_1 – значення вертикальної відстані між струменями і визначається зі схеми розташування струменів. Таку умову слід записувати для кожного струменя низької кратності.

Постійні величини, що входять у формули математичної моделі представимо в таблиці 1.

Таблиця 1

Постійні величини, що входять у формули математичної моделі

Струмін з індексом «0»:	Струмін з індексом «1; 2;...n»:
<ul style="list-style-type: none"> повітряно-механічна піна середньої кратності $K = 100$; діаметр струменя $D_0 = 315$ мм (піногенератор ГПС-600); питома густина піни $\rho_0 = 10$ кг/м³; динамічна в'язкість піни $\mu_0 = 0,182$ Па·с. 	<ul style="list-style-type: none"> повітряно-механічна піна низької кратності $K = 10$; діаметр струменя $D_1 = 42$ мм (ствол СВП-2); питома густина піни $\rho_1 = 100$ кг/м³; динамічна в'язкість піни $\mu_1 = 0,0135$ Па·с;

Коефіцієнти опору струменів при їх взаємодії з повітрям складають: $\alpha_1 = 0,316 / (10 \cdot 0,3) = 0,1053$ м⁻¹; $\alpha_0 = 0,316 / (100 \cdot 0,042) = 0,0752$ м⁻¹; $\Theta_1 = \Theta_2 = 30^\circ$; $v_{00} = 12,45$ м/с; $v_{01} = 35,33$ м/с (орієнтовні значення для ствола СВП-2 і піногенератора ГПС-600).

Результати. Для визначення величини коефіцієнта β від величини відносної швидкості струменів були проведені попередні експериментальні і теоретичні дослідження на експериментальній установці, яка складалася з двох повітряно-пінних стандартних стволів СПП-2 і одного стандартного піногенератора ГПС-600 з'єднаних між собою. Результати експериментальних досліджень при різних умовах ($p = 5, 7, 10$ ат. і $\Theta = 30^\circ; 45^\circ$) були порівняні з результатами рішення системи диференціальних рівнянь (2) (після підстановки відповідних значень) методом Рунге-Кутта в програмному середовищі MATLAB.

Таблиця 2

Теоретичні дослідження дальності польоту струменя при $\Theta = 30^\circ$

v_{00} ; (м/с)	10,53	12,45	14,88
v_{01} ; (м/с)	29,84	35,33	42,2
L_0 ; (м)	13,67	15,59	17,68
L_1 ; (м)	13,82	15,77	17,90
$L_1 - L_0$; (м)	0,15	0,18	0,22
$(L_1 + L_0) / 2$; (м)	13,75	15,68	17,79
Експер. L (м)	14,10	16,20	18,5
δ , (%)	2,48	3,21	3,84
$\delta_{\text{сер}}$, (%)	3,18		

Отримані результати (середнє значення похибки становить 3,18%) доводять, що теоретичні дослідження процесу транспортування струменя повітряно-механічної піни середньої кратності струменем (струменями) такої ж піни низької кратності слід проводити за системою нелінійних диференціальних рівнянь (2) з початковими умовами (3) і умовами

існування фази взаємодії між струменями (3). Коефіцієнт α , який характеризує взаємодію струменів з повітрям, слід визначати за формулою (1). При цьому $\beta = 64$.

Визначимо оптимальну конструктивну схему розташування струменів. Аналогічно (2) складаємо рівняння для одного центрального струменя піни середньої кратності і чотирьох струменів піни низької кратності, що взаємодіють з центральним:

$$\begin{aligned}
 & \mathbb{H} + \alpha_0 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} + \beta_1 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_2 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_4 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \mathbb{H} + \alpha_0 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} + \beta_1 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_2 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_4 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = -g \\
 & \mathbb{H} + \alpha_1 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_1 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \mathbb{H} + \alpha_1 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_1 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = -g \\
 & \mathbb{H} + \alpha_2 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_2 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \mathbb{H} + \alpha_2 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_2 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = -g \\
 & \mathbb{H} + \alpha_3 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_3 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \mathbb{H} + \alpha_3 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_3 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = -g \\
 & \mathbb{H} + \alpha_4 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_4 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \mathbb{H} + \alpha_4 \cdot \mathbb{L} \cdot (\mathbb{L} + \mathbb{L})^{1/2} - \beta_4 \cdot (\mathbb{L} - \mathbb{L}) \cdot ((\mathbb{L} - \mathbb{L})^2 + (\mathbb{L} - \mathbb{L})^2)^{1/2} = -g
 \end{aligned} \tag{5}$$

Вибираємо три різні варіанти розташування струменів (рис. 1):

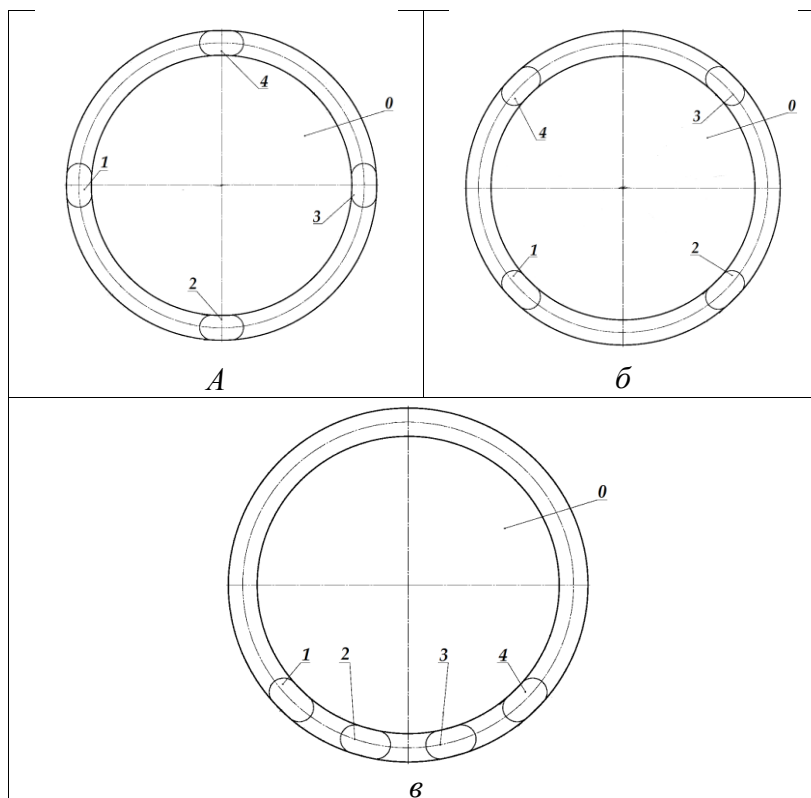
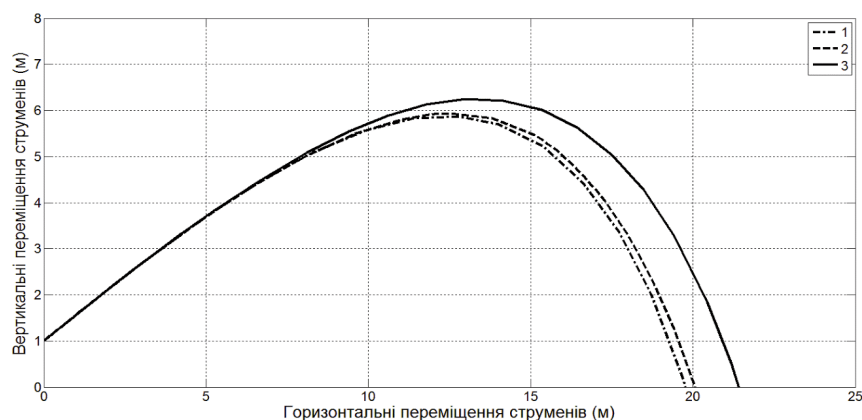


Рис. 1. Варіанти конструктивних схем розміщення струменів:

а – підтримуючі струмені розміщені через кожні 90°; *б* – підтримуючі струмені розміщені через кожні 90° зі зміщенням 45°; *в* – підтримуючі струмені розміщені знизу, де 0 – нульовий струмінь піни середньої кратності; 1, 2, 3, 4 – підтримуючі струмені піни низької кратності

На основі рішення системи рівнянь було проведено аналіз траєкторій переміщення струменів, режимів спільного руху струменів, процесів вирівнювання швидкостей. Встановлено, що найбільш ефективною з точки зору дальності польоту є третя схема (рис. 2), а ефективність двох попередніх схем практично однаковою.



Горизонтальні переміщення струменів (м)

Рис. 2. Траєкторії переміщень струменів піни середньої кратності:

1 – використання конструктивної схеми а (рис. 1); 2 – використання конструктивної схеми б (рис. 1); 3 – використання конструктивної схеми в (рис. 1)

Необхідно також дослідити вплив вітру на траєкторію узагальненого струменя. При зустрічному вітрі в систему рівнянь (5) введемо швидкість вітру V в горизонтальну складову швидкості струменів і отримаємо систему рівнянь (6)

$$\begin{aligned}
 & \ddot{x} + \alpha_0 \cdot (\dot{x} + k \cdot V) \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_2 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_4 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \ddot{y} + \alpha_0 \cdot \dot{y} \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_2 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} + \\
 & + \beta_4 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = -g \\
 & \ddot{x} + \alpha_1 \cdot (\dot{x} + k \cdot V) \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \ddot{x} + \alpha_1 \cdot \dot{y} \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = -g \\
 & \ddot{x} + \alpha_2 \cdot (\dot{x} + k \cdot V) \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \ddot{x} + \alpha_2 \cdot \dot{y} \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = -g \\
 & \ddot{x} + \alpha_3 \cdot (\dot{x} + k \cdot V) \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \ddot{x} + \alpha_3 \cdot \dot{y} \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = -g \\
 & \ddot{x} + \alpha_4 \cdot (\dot{x} + k \cdot V) \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x} - \dot{x}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = 0 \\
 & \ddot{x} + \alpha_4 \cdot \dot{y} \cdot ((\dot{x} + k \cdot V)^2 + \dot{y}^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{y} - \dot{y}) \cdot ((\dot{x} - \dot{x})^2 + (\dot{y} - \dot{y})^2)^{1/2} = -g
 \end{aligned} \tag{6}$$

Вирішивши цю систему для кожного з 3 варіантів розміщення струменів, отримаємо переміщення і швидкості струменів при впливі зустрічного вітру. Можна зробити висновок, що вітер швидкістю 5 м/с є серйозною перешкодою для пінних струменів, проте дальність польоту 12 м при 3 варіантах все ж вказує на можливість ефективного використання установки для гасіння пожеж в умовах зустрічного вітру. Конструктивні схеми 1 і 2 мають меншу стійкість при зустрічному вітрі, а схема 2 (два струмені внизу під центральним) є ефективнішою за схему 1 (один струмінь) – 11,5 м і 11 м відповідно.

Для врахування дії бічного вітру в систему рівнянь 6 слід ввести ще одну координату – координату Z, що призведе до зростання кількості рівнянь, а вітер V тепер буде діяти саме по цій координаті. Виконавши ці перетворення отримаємо систему диференціальних рівнянь 7.

$$\begin{aligned}
& \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2 + (\dot{z}_0 + k \cdot V)^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2 + (\dot{z}_0 + k \cdot V)^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_0 + \alpha_0 \cdot (\dot{z}_0 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2 + (\dot{z}_0 + k \cdot V)^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 + (\dot{z}_1 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 + (\dot{z}_1 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{z}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 + (\dot{z}_1 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{x}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2 + (\dot{z}_2 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{y}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2 + (\dot{z}_2 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_2 + \alpha_2 \cdot (\dot{z}_2 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2 + (\dot{z}_2 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{x}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{x}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2 + (\dot{z}_3 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{y}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2 + (\dot{z}_3 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_3 + \alpha_3 \cdot (\dot{z}_3 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2 + (\dot{z}_3 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{x}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{x}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2 + (\dot{z}_4 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{y}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2 + (\dot{z}_4 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_4 + \alpha_4 \cdot (\dot{z}_4 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2 + (\dot{z}_4 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0 \quad (7)
\end{aligned}$$

Як і в попередньому випадку, рішеннями системи рівнянь 7 при початкових умовах будуть переміщення і швидкості струменів при впливі бічного вітру в координатах X-Y-Z. Можна зробити висновок, що бічний вітер зі швидкістю 5 м/с зносить струмені в бік (по Z) на величину близько 7 м при всіх трьох варіантах розміщення струменів. Трохи далі зносить струмінь пінні середньої кратності, а струмені пінні низької кратності зносяться трохи менше, що цілком закономірно.

Отже, схема з нижнім розташуванням струменів піни низької кратності є ефективною. Але при використанні 4 таких струменів відбувається зниження загальної кратності піни комбінованого струменя, також підвищується витрата піноутворювача. Тому ми провели порівняльні розрахунки для варіантів з нижнім розміщенням трьох і двох струменів піни низької кратності. Було встановлено, що використання трьох струменів піни низької кратності замість чотирьох призводить до зменшення дальності польоту лише на 3% (0,7 м), але значно покращує загальну кратність піни узагальненого струменя. Подальше зменшення кількості струменів (до двох) призводить до більш помітного зменшення ефективності (5,3%; 1,1 м) і при цьому не призводить до покращення кратності піни узагальненого струменя.

Отже, з огляду на вплив струменів піни низької кратності на загальну кратність піни узагальненого струменя, найбільш доцільною є третя схема розташування з трьома струменями – три струмені повітряно-механічної піни низької кратності, підтримують знизу по колу один струмінь піни середньої кратності.

Проведено також експериментальні дослідження з виявлення порівняльної ефективності застосування піни низької, середньої та комбінованої кратності у разі гасіння модельних вогнищ 1А та 55В. Піну середньої кратності генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж “Альпен” виробництва ТОВ “Альхім” (Україна) за ТУ У 24.6-32740136-001:2006.

Аналіз результатів експериментальних досліджень з визначення ефективності гасіння модельного вогнища 1А свідчить про те, що:

– за умови подавання піни середньої кратності на гасіння модельного вогнища 1А з густиною подавання піни на одиницю поверхні модельного вогнища 3,95 кг/м², припинення горіння не досягається, тобто за таких умов піна середньої кратності не є ефективною;

– за умови подавання піни низької кратності на гасіння модельного вогнища 1А досягнуто позитивний результат гасіння з показником вогнегасної ефективності 0,75 кг/м²;

– за умови подавання піни низької кратності на гасіння модельного вогнища 1А з показником вогнегасної ефективності 1,0 кг/м² досягнуто позитивний результат гасіння;

– при гасінні модельного вогнища пожежі класу А, піна середньої кратності, для даних умов випробування, неефективна.

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності гасіння модельного вогнища 55В наведено у таблицях 3, 4, 5.

Таблиця 3

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох генераторів піни низької кратності з витратою (0,066±0,003) л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 55В піноутворювачем “Альпен” [7]

№ досл іду	тип генеро ване піни	Маси випробуван ьних пристроїв з піноутворю вачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворювача, кг			Результат гасіння, тривалість подавання піни, с		Показник вогнегасної ефективності кг/м ²	
		до гасін ня	післ я гасін ня	розді льна	загал ьна	усеред нене значен ня	фактичні значення	усеред нене значен ня	факт ичні значен ня	усеред нене значен ня
1	ПНК	15,83	10,57	5,26	12,10		не погашено, вог негасник вийшов з ладу 103,6		не визначено	
		15,86	9,02	6,84						
2	ПНК	15,87	10,67	8,81	17,71	17,67±0,02	погашен о 133,5	Погаш ено	10,26	10,24±0,01

		15,84	10,68	8,88				132,9		
3	ПНК	15,81	10,67	8,80	17,64		погашено	132,2	10,23	
		15,86	10,76	8,84						

Таблиця 4

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох генераторів піни середньої кратності з витратою (0,066±0,003) л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 55В піноутворювачем “Альпен”

№ досл іду	тип генеро ваної піни	Маси випробуваль них пристроїв з піноутворю вачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворю вача, кг		Результат гасіння, тривалість подавання піни, с		Показник вогнегасної ефективності, кг/м ²		тривалі сть до повтор ного займан ня, с
		до гасін ня	післ я гасін ня	розді льна	загал ьна	фактичні значення	усеред нене значен ня	фактичні значен ня	усеред нене значен ня	
1	ПСК	15,76	12,23	3,43	6,92	Погашен о 55,9	Погаш ено, 56,1	4,0	4,0±0,1	31,2
	ПСК	15,84	12,35	3,49						
2	ПСК	15,82	12,40	3,42	6,75	Погашен о 55,3	Погаш ено, 56,1	3,9	4,0±0,1	32,0
	ПСК	15,80	12,47	3,33						
3	ПСК	15,73	12,32	3,41	7,09	Погашен о 56,4	Погаш ено, 56,1	4,1	4,0±0,1	34,1
	ПСК	15,81	12,13	3,68						

Таблиця 5

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох генераторів піни низької (ПНК) та середньої кратності (ПСК) з витратою (0,066±0,003) л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 55В піноутворювачем “Альпен”

№ досл іду	тип генеро ване піни	Маси випробуваль них пристроїв з піноутворю вачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворю вача, кг		Результат гасіння, тривалість подавання піни, с		Показник вогнегасної ефективності кг/м ²		триваліс ть до повторн ого займанн я, с
		до гасін ня	післ я гасін ня	розді льна	загал ьна	фактичні значення	усеред нене значен ня	фактичні значен ня	усеред нене значен ня	
1	ПСК	15,78	13,14	2,64	5,36	43,6	45,2±1,5	3,1	3,3±0,1	32

	ПНК	15,97	13,2 5	2,72					
2	ПСК	15,85	12,8 9	2,86	6,06	47,0	3,5		31
	ПНК	15,89	12,6 9	3,20					
3	ПСК	15,78	13,0 6	2,74	5,88	45,1	3,4		29
	ПНК	15,97	12,9 8	3,14					

На рис. 3 у графічному вигляді наведені узагальнені результати експериментальних досліджень з виявлення впливу виду повітряно-механічної піни, згенерованої із робочих розчинів піноутворювача для гасіння пожеж загального призначення, на ефективність гасіння модельного вогнища 55В.

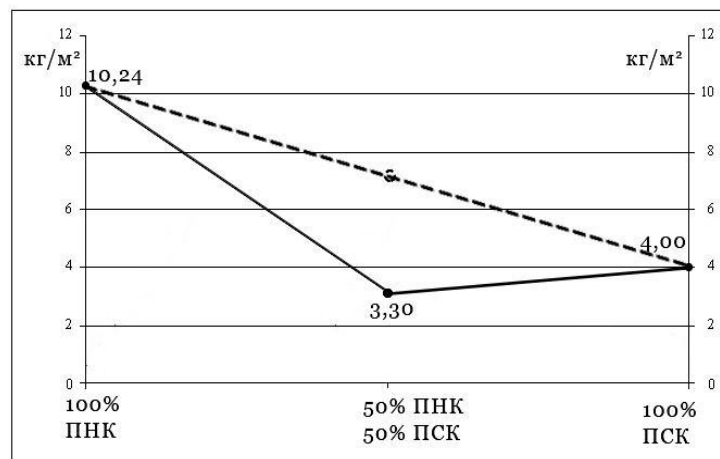


Рис. 3. Значення маси піни на одиницю площі горіння модельного вогнища 55В для піни низької, середньої кратності, а також комбінованої піни

За результатами експериментальних досліджень у полігонних умовах виявлено ефект синергізму ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі взаємодії поверхні їх горіння із комбінованою піною, який проявляється у тому, що значення показника вогнегасної здатності комбінованої піни є нижчим (3,30 кг/м²) за значення кожного окремого її компонента (10,24 кг/м² та 4,00 кг/м² відповідно для піни низької та середньої кратності)

Висновки

У даній роботі було досліджено взаємодію струменів повітряно-механічної піни різної кратності. На основі теоретичних і експериментальних досліджень визначено оптимальне розташування струменів піни, яке дозволяє досягти максимального значення дальності подачі піни при мінімальних втратах кратності. На основі експериментальних досліджень у полігонних умовах виявлено ефект синергізму ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі взаємодії поверхні їх горіння із комбінованою піною. Результати даного дослідження в подальшому будуть застосовані для розробки дослідного зразка піногенератора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковалишин В.В., Васильєва О.Е., Козяр Н.М. Пінне гасіння // Навч. посібник. – Львів: ЛДУ БЖД, 2007. – 168 с.

2. ДСТУ 3789-89. Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
3. ДСТУ 2802-94. Стволи пожежні лафетні комбіновані.
4. Луц В.І. Підвищення ефективності гасіння пожеж легкозаймистих та горючих речовин комбінованими пінними струменями: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 2007. – 20 с.
5. Ковалишин В.В. Дослідження залежності кратності повітряно-механічної піни від геометричних параметрів піногенератора / В.В. Ковалишин, Е.М. Улинець, О.В. Грушовінчук, В.В. Кавецький // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2011. – № 2 (24). – С. 74-79.
6. Ольшанский В.П., Халипа В.М., Дубовик О.А. Приближенные методы расчета гидравлических пожарных струй. – Харьков: Митець, 2004. – 113 с.
7. Ковалишин В. В. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності піни різної кратності генерованої з 6% розчину піноутворювача «Альпен») / В. В. Ковалишин, О. В. Грушовінчук // Пожежна безпека : теорія і практика : зб. наук. праць. – Черкаси : АПБУ, 2015. – № 25. – С. 45-52.

С.О. Андреев
к. держ. упр.,
докторант НАДУ при Президентіві України

ВИЗНАЧЕННЯ СТРАТЕГІЧНИХ ПРІОРИТЕТІВ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ В УКРАЇНІ: ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА АБО ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ?

У статті показано, що однією з концептуальних проблем, притаманних процесу розбудови системи цивільної оборони України за період 1991-2016 рр., є проблема невизначеності стратегічних пріоритетів державного управління в цій сфері. Нагальною потребою для населення країни є створення якісно нової системи цивільної оборони, у той час як зараз відбувається формування такого самостійного напрямку державної політики як “захист критичної інфраструктури”, який є функціонально близьким до заходів цивільної оборони та забезпечення цивільного захисту.

Ключові слова: державне управління, стратегічні пріоритети державного управління, мета державного управління, цивільна оборона, цивільний захист, критична інфраструктура, захист критичної інфраструктури, надзвичайні ситуації, попередження надзвичайних ситуацій та ліквідація їх наслідків.

DETERMINATION OF STRATEGIC PRIORITIES OF PUBLIC ADMINISTRATION IN UKRAINE: CIVIL DEFENCE OR PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE?

The article shows that one of the conceptual problems peculiar to the process of development a national system of civil defence of Ukraine in a period of 1991-2016 is the problem of uncertainty of strategic priorities in this sphere. The primary need for the population of the country is the creation of a new system of civil defence, while now is taking place the formation of such a substantive process of government policy as “protection of critical infrastructure” that is functionally similar to the measures of civil defence and protection security.

Key words: public administration, strategic priorities of public administration, the aim of public administration, civil defence, civil protection, critical infrastructure, protection of critical infrastructure, emergency situations, prevention of emergency prevention and rectification of their consequences.

За період новітньої історії України прийнято велику кількість нормативно-правових актів (указів Президента України, постанов і розпоряджень Кабінету Міністрів України тощо) концептуально-програмного характеру з питань розвитку цивільної оборони (далі – ЦО), захисту населення й територій від надзвичайних ситуацій (далі – НС), передусім, техногенного та природного характеру. За нашими оцінками, впродовж 1991–2016 рр. вищими органами державної влади прийнято біля десяти таких актів загальнодержавного значення, аналіз яких було зроблено автором у роботі [1].

Істотна кількість законодавчих актів зі стратегічних аспектів становлення ЦО, протидії НС не сприяла концептуалізації та становленню ЦО як відносно відокремленої та самостійної сфери державного управління в Україні, поступовому та всебічному розвитку ЦО, якісним інституційним перетворенням у цій системі. Основне стратегічне положення Концепції ЦО України (1992 р.) про те, що відповідно до соціально-політичних та економічних змін, що відбуваються в державі, ЦО України підлягає реорганізації в напрямках удосконалення системи управління, реформи сил, розширення кола вирішуваних завдань і перегляду системи підготовки кадрів [2], на жаль, залишилось нормою-декларацією.

Більша частина ключових державно-управлінських рішень, ухвалених на виконання нормативно-правових актів згаданої категорії, особливо в період з 1998 р. по 2013 р., є

концептуально суперечливими, свідчать про відсутність наступності державної політики в галузі ЦО та стратегічного бачення напрямів реформування цієї галузі державно-владної діяльності.

Виключно деструктивний характер для інституціоналізації сфери ЦО України, на нашу думку, мали: укази Президента України від 25.07.2002 № 664/2002 [3], від 27.01.2003 № 47/2003 [4], від 19.12.2003 № 1467/2003 [5], від 24.12.2012 № 726/2012 (в частині перетворення Міністерства надзвичайних ситуацій України у Державну службу України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС)) [6]; Закон України “Про правові засади цивільного захисту” від 24.06.2004 № 1859-IV [7]; Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI (Кодекс ЦЗ) [8] (більш докл., див., напр.: [9; 10]).

На розвиток та функціонування української системи ЦО особливо негативно вплинула безвідповідальна імплементація у вітчизняне наукове середовище ідеї та концепції цивільного захисту (далі – ЦЗ), а також терміну “цивільний захист” у національне законодавство, управлінську та правозастосовну практику, з одночасною відмовою від концепції ЦО та поняття “цивільна оборона”.

Поряд з цими, негативними для системи ЦО України рішеннями та тенденціями, не можна не відзначити й те, що впродовж декількох останніх років мали місце певні конструктивні кроки з боку вищих органів державної влади та посадових осіб країни щодо формування організаційно-правових засад функціонування єдиної державної системи цивільного захисту (далі – ЄДС ЦЗ). Проте, слід констатувати, що на цей час відповідну державну систему в державі де-факто й досі не створено, а для всіх без винятку органів державної влади, задіяних у питаннях формування та забезпечення реалізації державної політики з питань ЦЗ, та органів місцевого самоврядування є характерною низька результативність діяльності з цього напрямку, інші проблеми системного характеру.

На фоні вельми неоднозначних трансформаційних процесів у сфері ЦЗ, відомих військово-політичних подій на Сході України, незадовільної соціально-економічної ситуації в країні, нестабільного міжнародного становища у світі в цілому, протягом останніх двох років в Україні активно формується такий комплексний напрям державної політики як “захист критичної інфраструктури” (далі – ЗКІ).

Зазначений напрям є функціонально близьким до заходів ЦО та забезпечення ЦЗ, але його поява й активне обговорення, на наш погляд, свідчить про суттєву зміну стратегічних пріоритетів державного управління в нашій країні, що може призвести до того, що виконання заходів ЦЗ відійде на другий план.

Науково-теоретичні та прикладні питання розвитку державних систем ЦО, ЦЗ та їх аналогів, зокрема у контексті забезпечення національної безпеки й оборони держави, досліджували такі вчені як: А. Возженіков, Ю. Воробйов, В. Гречанінов, М. Долгін, Л. Жукова, Н. Клименко, С. Мосов, Б. Порфир'єв, Г. Ситник, М. Фалєєв, В. Федоренко та ін.

У свою чергу, питання ЗКІ розглядалися у роботах вітчизняних науковців, у тому числі: В. Бегуна, Д. Бірюкова, Д. Бобра, В. Гречанінова, В. Заславського, С. Кондратова, А. Мороза, О. Суходолі.

У більшості публікацій відсутні конкретні шляхи вирішення проблем, пов'язаних із теоретико-методологічним обґрунтуванням місця та ролі ЦО, як, утім, і заходів з ЦЗ, у системі національної безпеки держави. Також, на сьогодні в науковій літературі не висвітлене питання щодо взаємовідношення заходів ЦО та ЦЗ із завданнями щодо ЗКІ у контексті цілепокладання та пріоритетів державного управління.

Метою статті є проведення вибіркового аналізу низки основних положень концепції ЗКІ, викладеній у Зеленій книзі з питань захисту критичної інфраструктури в Україні (далі – Зелена книга), підготовленій Національним інститутом стратегічних досліджень (далі – НІСІ) [11], з'ясування взаємозв'язку цього напрямку державної політики зі сферами ЦО і ЦЗ у світлі проблеми визначення стратегічних пріоритетів та цілей державного управління.

Експерти відзначають, що відмінною особливістю війн нового покоління є те, що їх мета – це захоплення ресурсів й територій, але без місцевого населення, приреченого у кращому випадку на виселення, у гіршому на повне знищення. Це і визначає головний удар, який агресор наносить у першу чергу по мирному населенню. Усі військові конфлікти за останнє

століття мають постійну тенденцію багатократного перевищення жертв серед мирного населення у порівнянні з втратами військовослужбовців [12, с. 495].

Статистика жертв у Світових війнах ХХ ст. показує збільшення відносної кількості жертв серед мирного населення у порівнянні з військовими втратами. Втрати цивільного населення у Першу Світову війну були в 20 раз менші за бойові, у Другу Світову війну приблизно однакові, у В'єтнамі в 9 разів більше бойових, а у подальших локальних війнах втрати цивільного населення перевищують бойові втрати 10-15 разів та є тенденція до їх збільшення [13, с. 30].

На цьому фоні, як зазначає вітчизняний експерт Д. Бобро, посиляючись на дані джерела – Global Terrorism Database [14], критична інфраструктура (далі – КІ) стала об'єктом нападу для порівняно незначної кількості терактів (до 10-15 %), тоді як основна кількість останніх спрямовувалася проти людей [15, с. 85].

Тим не менше, не можна заперечувати тієї обставини, що ефективний ЗКІ сьогодні має бути одним із пріоритетів державної політики як з точки зору забезпечення суверенітету України та її обороноздатності, так і з огляду її сталого розвитку на довгострокову перспективу. Саме тому у Стратегії національної безпеки України, загрози безпеці КІ вперше виділені в окрему підгрупу з-поміж інших загроз національній безпеці (далі – НБ) [16]. Йдеться про такі загрози як:

- критична зношеність основних фондів об'єктів інфраструктури України та недостатній рівень їх фізичного захисту;

- недостатній рівень захищеності КІ від терористичних посягань і диверсій;

- неефективне управління безпекою КІ і систем життєзабезпечення.

Також у вказаній Стратегії, виходячи з окресленого переліку загроз, визначені пріоритети забезпечення безпеки КІ:

- комплексне вдосконалення правової основи захисту КІ;

- створення системи державного управління безпекою КІ;

- посилення охорони об'єктів КІ, зокрема енергетичної і транспортної;

- налагодження співробітництва між суб'єктами захисту КІ;

- розвиток державно-приватного партнерства у сфері запобігання надзвичайним ситуаціям на об'єктах КІ та реагування на них;

- розробка та запровадження механізмів обміну інформацією між державними органами, приватним сектором і населенням стосовно загроз КІ та захисту чутливої інформації у цій сфері;

- профілактика техногенних аварій на об'єктах КІ та оперативне і адекватне реагування на них, локалізація і мінімізація їх наслідків;

- розвиток міжнародного співробітництва у цій сфері.

Виконаний нами аналіз деяких положень презентованої НІСІ Зеленої книги дозволяє дійти загального висновку, що вона є результатом плідної роботи групи поважних вітчизняних та іноземних експертів, має глибокий рівень аналітики та, в цілому, високий науково-експертний рівень підготовки. Однак, разом із цим, вважаємо за доцільне висловити свою скромну думку стосовно окремих положень Зеленої книги, які, на наш погляд, є досить дискусійними. Це стосується, передусім, понятійно-термінологічного апарату; секторів та об'єктів, що можуть бути віднесені до КІ; стратегічних цілей державної політики щодо захисту КІ; основних завдань та суб'єктів системи захисту КІ, а також стосовно окремих механізмів її захисту.

Щодо понятійно-термінологічного апарату [11, п. 2.1.].

Одночасно із уведенням у чинне законодавство дефініцій (понять) “критична інфраструктура України”, “захист критичної інфраструктури України” доцільно було б навести визначення поняття “об'єкт критичної інфраструктури” або “критично важливий об'єкт”, оскільки чітке та однозначне тлумачення цього поняття є необхідною передумовою правильної класифікації відповідних об'єктів з точки зору їх критичності, подальшого розроблення та здійснення щодо них захисних заходів. Наприклад, у ст. 1 Федерального Закону Російської Федерації “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій

природного та техногенного характеру” від 21.12.1994 № 68-ФЗ вживається термін “критично важливий об’єкт” та наводиться його нормативне визначення [17].

Аналіз запропонованого підходу до визначення поняття “критична інфраструктура”, а також підходів до визначення секторів, об’єктів, систем та ресурсів, що можуть бути віднесені до КІ, дозволяє стверджувати, що більшість цих об’єктів підпадає під категорію “об’єкти цивільної оборони”, яка, свого часу, широко використовувалась у законодавстві колишнього СРСР. Підходи до категоризації об’єктів ЦО та віднесення територій певних адміністративно-територіальних одиниць чи міст до груп з ЦО цілком можна було б, у певній частині (після відповідного аналізу), застосувати для визначення ознак критичності об’єктів та систем КІ.

Стосовно визначення секторів, об’єктів, систем та ресурсів, що можуть бути віднесені до КІ [11, п. 2.2., 2.3.].

Не можна не погодитися з розробниками Зеленої книги у тому, що для України в сучасних умовах при формуванні переліку секторів КІ слід виходити, насамперед, із наявних ресурсів і нагальних потреб щодо підтримання і захисту базових функцій, без чого неможливі безпечне існування населення, суспільства та функціонування бізнесу і держави, належний захист національних інтересів [11, с. 9]. Разом з тим, пропозиції до переліку секторів КІ та відповідальних відомств, наведений у додатку А [11, с. 30], викликає певні запитання. Наприклад, неясно чому до КІ не відносяться підприємства металургійного комплексу? Також нам незрозуміло, що маєтись на увазі під “Служби екстреної допомоги та цивільного захисту”, оскільки поняття “служби цивільного захисту” законодавчо не визначено. Очевидно, цим поняттям не можуть бути охоплені всі сили ЦЗ, органи управління у цій сфері та деякі об’єкти ЦЗ, які також було б доцільно включити до вказаного переліку.

На нашу думку, сектор КІ “9. Служби екстреної допомоги та цивільного захисту”, окрім іншого, повинен включати:

- захисні споруди ЦЗ (ЦО) – бомбосховища та протирадіаційні укриття;
- регіональні системи централізованого оповіщення ЦО, призначені для оперативного інформування населення про загрозу та виникнення НС.

Викликає деякі сумніви можливість ДСНС, урахувавши її нинішній організаційно-правовий статус у системі центральних органів виконавчої влади та певну втрату правосуб’єктності внаслідок позбавлення статусу міністерства, ефективно виконувати завдання щодо забезпечення захисту таких складних об’єктів як: “3. Мережі життєзабезпечення”, “8. Хімічна промисловість” [там само].

Щодо основних загроз КІ України [11, п. 3.].

У Зеленій книзі зазначено, що вона не розглядає ЗКІ під час ведення бойових дій або воєнного стану, що має бути предметом розгляду інших документів [11, с. 11]. Це положення для нас є не до кінця зрозумілим, оскільки виникає питання, а що запропонована концепція ЗКІ стосується лише загроз та ризиків мирного часу?

Але ж, фахівцям достеменно відомо, що більшість об’єктів КІ, по суті, є об’єктами подвійного призначення. Вважаємо, що в даному випадку має місце методологічна помилка, адже на сьогодні, урахувавши поширеність нетрадиційних методів ведення військово-політичного протистояння (неконвенціональних, гібридних, сетечентричних, терористичних тощо війн) межі воєнного та мирного часу стають доволі розмиті, а відтак традиційні філософсько-енциклопедичні трактування сутності таких явищ як “війна” та “мир” потребують свого переосмислення.

Не може бути сумніву, що планування та реалізація комплексу заходів щодо захисту об’єктів КІ має враховувати весь спектр ризиків й загроз щодо їх нормального функціонування як у мирний, так й у воєнний час.

Також у Зеленій книзі зазначено, що закріплена у Кодексі ЦЗ класифікація НС за характером походження подій, що можуть обумовити їх виникнення, на техногенного та природного характеру, а також соціальні та воєнні НС не може бути без змін перенесена на загрози критичній інфраструктурі, оскільки має певні методологічні обмеження і не дозволяє реалізувати всі переваги, які створює запровадження концепції захисту критичної інфраструктури [11, с. 12]. Для нас є не цілком зрозумілим про які методологічні обмеження, а також про які переваги йдеться?

Вважаємо цю думку недостатньо аргументованою, тому що існуюча класифікація НС за характером походження подій законодавчо закріплена, а Національний класифікатор НС (ДК 019:2010) [18], розроблений свого часу Всеукраїнським науко-дослідним інститутом цивільного захисту, має статус державного стандарту (а не внутрішньовідомчий характер – прим. авт.), а отже, загальнообов'язкове значення для всіх зацікавлених суб'єктів публічного та приватного права. До речі, в ньому, серед іншого, наводяться визначення понять: “надзвичайна ситуація соціального характеру”, “надзвичайна ситуація воєнного характеру”, “надзвичайна ситуація техногенного характеру”, “надзвичайна ситуація природного характеру”. Також у ДК 019:2010 міститься певна, до речі практично апробована, методологія та методика класифікації НС, яка, поряд із декількома підзаконними актами з питань класифікації НС, застосовується ДСНС під час виконання покладених на неї завдань. Аналіз основних категорій загроз КІ України, наведених у Зеленій книзі, підтверджує їх принципову схожість із тими групами загроз, що обумовлюють виникнення відповідних видів НС за характером походження подій, визначених у Кодексі ЦЗ та ДК 019:2010 (техногенного та природного характеру, соціальних й воєнних НС).

Таким чином, сьогодні або треба брати за основу відповідну класифікацію НС, визначивши у Зеленій книзі основні категорії загроз КІ України відповідно до тих чотирьох видів НС, що встановлені у ч. 2 ст. 5 Кодексу ЦЗ [19], або змінювати чинне законодавство, для чого ми поки-що не вбачаємо достатніх наукових й правових підстав. Але у будь-якому разі, між основними групами загроз КІ та нормативно визначеною класифікацією НС, на наше переконання, має бути відповідність та кореляція.

Щодо стратегічних цілей державної політики ЗКІ України [11, п. 4.2.].

Як ми вже зазначали, стратегічною метою державної політики при формуванні та вдосконаленні системи захисту КІ України має бути забезпечення належного ЦЗ населення від НС різного характеру, усебічне та максимально можливе досягнення безпеки його життєдіяльності та розвитку, а не абстрактне формулювання – “розбудова безпекового партнерства для підвищення безпеки та забезпечення стійкості національної критичної інфраструктури”, як це зазначено у Зеленій книзі [11, с. 15]. При цьому щодо проблем та перспектив розбудови безпекового партнерства для підвищення безпеки та забезпечення стійкості національної КІ, зокрема ефективного державно-приватного партнерства (далі – ДПП), вважаємо за необхідне акцентувати увагу на наступному.

Дуже важливо забезпечити на законодавчому рівні такі умови ДПП, щоб юридичну відповідальність, зокрема кримінально-правову, за невжиття (або неналежне, неповне) виконання заходів із забезпечення безпеки КІ несли не лише держава та оператори об'єктів КІ, але, передусім, власники цих об'єктів (фізичні та/або юридичні особи). У відповідному підрозділі Зеленої книги справедливо зазначено, що “...у більшості країн світу і, враховуючи економічні реформи, в Україні очевидним є те, що об'єкти КІ будуть знаходитись переважно у приватній власності. Саме приватним операторам належить як більшість об'єктів критичної інфраструктури, так і лідерство у розробці новітніх технологій виробництва та технологій їх захисту...” [11, с. 15]. Проте у обговорюваному нами документі чітко не зроблено акцент на відповідальності саме власників об'єктів КІ, а неодноразово у цьому контексті згадуються лише оператори. Однак, оператор й власник об'єкту КІ – це далеко не завжди одна й та сама особа. Причому власником може бути, наприклад, товариство з обмеженою відповідальністю (курсив наш – прим. авт.)..., якому на умовах цивільно-правової угоди відповідний об'єкт передано в управління. Тобто, суб'єкт господарювання, який несе обмежену майнову відповідальність за своїми зобов'язаннями.

Ураховуючи українські економічні реалії сьогодення та особливості структури корпоративних прав на найбільш ліквідні вітчизняні реальні активи, якими як раз і виступають багато об'єктів КІ (підприємства енергетики, хімічної, металургійної та вугільної промисловості, підприємства зв'язку, транспорту, фінансово-банківського сектору тощо), котрі після періоду масової приватизації 1990 х рр. опинились у руках приватних інвесторів, політична та інституційна спроможність нашої держави змусити власників цих об'єктів вкладати великі кошти у захисні заходи викликає чималий скептицизм. Разом з тим, якщо, наприклад, буде прийнято загальнодержавну цільову програму щодо захисту об'єктів КІ

України та її буде забезпечено реальним фінансуванням, зокрема за рахунок бюджетних коштів, цілком реальною виглядає ситуація, що позитивний майновий ефект отримають виключно юридичні та/або фізичні особи (кінцеві бенефіціари, вигодонабувачі), що володіють відповідними об'єктами КІ. Натомість, держава та її населення навряд може розраховувати на значний соціальний, зокрема захисний, ефект.

Щодо основних завдань системи ЗКІ в Україні [11, п. 5.1].

Слід, у цілому, погодитись із визначеними у Зеленій книзі завданнями щодо ЗКІ, але, в той же час, вважаємо за необхідне зазначити наступне. Питома вага наведених завдань належить до категорії завдань ЦО. Так, наприклад, як убачається із аналізу доктринальних джерел з питань ЦО радянського періоду, однією із чотирьох основних груп завдань ЦО були завдання, спрямовані на підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства в умовах воєнного часу. Рішення цього завдання передбачало розосередження виробничих сил по території країни, організацію надійних економічних зв'язків, стійку кооперацію та дублювання виробництва, створення достатніх та розосереджено розташованих матеріальних резервів й запасів, а також упровадження норм проектування інженерно-технічних заходів при розвитку та новому будівництві міст та об'єктів народного господарства [20, с. 12]

У підр. 5.1. Зеленої книги, як, утім, й по всьому тексту документа, використовуються як синоніми поняття “надзвичайна ситуація”, “кризова ситуація”, “кризова ситуація, що пов'язана із функціонуванням критичної інфраструктури”, “інцидент”, але очевидно, що їх семантичне значення не тотожне (не еквівалентне). Зокрема, не рівнозначними є законодавчо закріплені на сьогодні визначення понять “надзвичайна ситуація” та “кризова ситуація, що загрожує національній безпеці”.

Поділяємо думку розробників Зеленої книги про те, що “...деякі завдання, згадані у наведеному вище переліку, частково охоплюються рамками існуючих в Україні систем цивільного захисту, боротьби з тероризмом, протидії кіберзагрозам, забезпечення обороноздатності держави...” [11, с. 20]. Разом із тим, потрібно ще раз наголосити, що в Україні поки-що не створено дієву державну систему ЦЗ, у тому числі через те, що остаточно не сформовано її функціональні та територіальні підсистеми. У зв'язку із цим, вважаємо, що на даний момент не варто переоцінювати організаційні можливості ЄДС ЦЗ у питаннях ЗКІ.

Щодо суб'єктів системи ЗКІ [11, п. 5.2].

Зважаючи на скрутну економічну ситуацію в країні, значне скорочення витрат на природоохоронні та інші державні соціальні програми створення нових органів державної влади (мається на увазі загальнодержавного ситуаційного центру у статусі надурядового органу з правом юридичної особи) щодо здійснення координаційних та інформаційно-аналітичних функцій із ЗКІ України вважаємо недоцільним.

Сьогодні ці функції на найвищому рівні мусять виконувати Рада національної безпеки і оборони України (далі – РНБО), а будь-які інші органи державної влади, зокрема Міністерство внутрішніх справ України (далі – МВС), ДСНС, Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій (далі – ДК ТЕБ та НС), на наш погляд, в силу різних причин, не зможуть посилити цей комплексний напрям державно-владної діяльності, в тому числі, внаслідок слабкості їх аналітичного блоку, вузьковідомчих підходів до вирішення покладених завдань (МВС, ДСНС), відсутності достатніх адміністративно-правових важелів впливу та формалізму в роботі (ДК ТЕБ та НС). Разом з тим, створення ситуаційних центрів як окремих структурних підрозділів на рівні центральних та місцевих органів виконавчої влади, у межах існуючої граничної чисельності та видатків на їх утримання, є цілком можливим.

Щодо розвитку правового та фінансового механізмів ЗКІ [11, п. 5.3].

Актуальність вдосконалення механізму правового регулювання у сфері ЗКІ України обумовлена тим, що сьогодні чинне законодавство з питань забезпечення НБ України не систематизоване. Лише на рівні законів України існує велика кількість спеціальних нормативно-правових актів, які регламентують ті чи інші аспекти та особливості державної політики щодо забезпечення НБ в окремих сферах, а низка законів має статусний характер, оскільки вони фактично регламентують питання правового статусу органів державної влади, які залучаються до вирішення питань НБ.

Так, серед законів України, що складають правову основу забезпечення НБ, слід відзначити: “Про основи національної безпеки України” від 19.06.2003 № 964-IV, “Про Раду національної безпеки і оборони України” від 05.03.1998 № 183/98ВР, “Про боротьбу з тероризмом” від 20.03.2003 № 638-IV, “Про Службу безпеки України” від 25.03.1992 № 2229-ХІІ, “Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку” від 08.02.1995 № 39/95-ВР, “Про пожежну безпеку” від 17.12.1993 № 3745-ХІІ, “Про засади внутрішньої і зовнішньої політики” від 01.07.2010 № 2411VI, “Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах” від 05.07.1994 № 80/94-ВР тощо. Останнім часом з’явилися навіть кодифіковані закони, предметом регулювання яких є окремі комплексні напрями забезпечення НБ, наприклад, Кодекс ЦЗ (прийнято 02.10.2012).

Таким чином, якщо враховувати ратифіковані Україною міжнародні угоди, що стосуються різних аспектів НБ, а також кількість підзаконних актів з цих питань, то маємо величезний масив законодавчих актів. Зважаючи на загальну кількість вказаних нормативно-правових документів, а також їх якісний стан (переобтяження бланкетними та відсильними нормами, наявність правових прогалів та колізій), чи потрібно приймати ще один спеціальний закон з питань ЗКІ саме у вигляді окремого закону?

На наш погляд, одним із прийнятних варіантів визначення правового режиму ЗКІ України є доповнення відповідним розділом (розділами) Кодексу ЦЗ, а також внесення необхідних змін і доповнень до інших спеціальних законодавчих актів, що зачіпають ці питання. Можливо, вже настав час серйозно замислитись над проведенням систематизації законодавства України з питань НБ шляхом прийняття кодифікованого документу?

Щодо *фінансового механізму* здійснення заходів із ЗКІ України, то очевидно, що питання обсягів та джерел фінансування заходів щодо забезпечення об’єктів КІ України, техніко-економічного обґрунтування необхідності проведення таких заходів на тих чи інших об’єктах є сьогодні основними. Однак, у Зеленій книзі стосовно цього взагалі не міститься жодних цифр, що, попри її очевидне концептуальне та наукове значення, перетворює цей документ на протокол про наміри.

Разом з тим, цілком очевидно, що Україна, на відміну від США, Канади та провідних країн Європейського Союзу, на досвід яких неодноразово посилаються у Зеленій книзі її розробники, наразі фінансово неспроможна проводити, навіть за принципом субсидіарності, на умовах ефективного ДПП, фінансування таких масштабних інфраструктурних проектів як забезпечення захисту усіх без виключення об’єктів КІ. Для цього просто немає коштів, оскільки зараз масово скорочуються видатки з державного та місцевих бюджетів на фінансування соціальних витрат, освіти, охорони здоров’я, видатків на виконання державних соціальних цільових програм, у тому числі природоохоронного спрямування. Країна є кредитно залежною, має катастрофічно низький рейтинг платоспроможності, а отже, змушена брати кредити у зовнішніх приватних кредиторів для того, щоб сплатити борги по зобов’язанням попередніх років.

Крім того, Україна не має досвіду за роки незалежності самостійного впровадження великих інфраструктурних проектів (не рахуючи підготовки до Євро-2012, але це, вочевидь, значно менший та простіший рівень завдання). До зазначеного слід додати й те, що в сучасних військово-політичних та соціально-економічних умовах наша країна не має необхідного часового запасу для належної та поступової реалізації у загальнодержавному масштабі комплексу заходів щодо створення системи ЗКІ.

З огляду на це, актуальним завданням є не стільки вивчення та копіювання досвіду інших країн щодо створення ними, до речі впродовж не одного десятка років, національних систем ЗКІ, а, перш за все, науково обґрунтоване визначення переліку об’єктів КІ від нормального функціонування яких залежить виживання суспільства та держави у найближчій перспективі та, відповідно, техніко-економічне та фінансове обґрунтування невідкладних першочергових заходів щодо їх захисту.

У контексті поставленого у статті завдання не можна не висловити певні критичні думки щодо концептуальних положень Зеленої книги, оскільки, після ознайомлення з цим документом, залишається відчуття певної логічної незавершеності концепції ЗКІ.

По-перше, викладена у Зеленій книзі концепція ЗКІ від різного роду ризиків й загроз, насамперед, виділення відповідних фізичних та віртуальних об'єктів (систем та ресурсів) як одного з основних об'єктів НБ, зі всією очевидністю свідчить про певну абсолютизацію технократичних та матеріалістичних цінностей над гуманістичним, людиноцентричним підходом щодо забезпечення НБ, який сьогодні постійно артикулюється та є характерним для розвинених країн світу (передусім США та країн-членів Європейського Союзу), а отже, саме такий підхід, як на наш погляд, має домінувати у практиці державного управління при реалізації національних інтересів. Тут варто акцентувати увагу й на тому, що відповідно до ст. 3 Конституції України найвищою соціальною цінністю в Україні є саме людина, її життя і здоров'я, а також недоторканність і безпека (а не матеріально-технічна чи віртуальна інфраструктура забезпечення життєдіяльності держави й суспільства – *прим. авт.*), а у Законі України “Про основи національної безпеки України” людина і громадяни, їхні конституційні права і свободи зазначені на першому місці серед інших об'єктів НБ [21, ст. 3].

Таким чином, у Зеленій книзі, а також й у більш конкретних нормативних документах стратегічного та програмного характеру, які неодмінно у подальшому будуть розроблятися на її основі, засадничою ідеєю має бути наукове обґрунтування та практична реалізація комплексу заходів, які мають за мету насамперед, захист населення від НС різного характеру, тобто усебічне та максимально можливе забезпечення безпеки його життєдіяльності та розвитку. І саме для цього, власне, й має забезпечуватись ЗКІ, як один із визначальних напрямів у комплексі інших заходів щодо забезпечення безпеки людини (індивіда) та суспільства. Іншими словами, стратегічною метою державної політики при формуванні та вдосконаленні системи ЗКІ України має бути, в кінцевому підсумку, забезпечення належного ЦЗ, а мета, як відомо, є основним структуроутворюючим чинником при формуванні будь-якої системи.

Як убачається зі змісту Зеленої книги, питанням ЦЗ, на превеликий жаль, не приділяється належної уваги. Але ж загальновідомо, що відмінною особливістю війн нового покоління є те, що їхня мета – це передусім захоплення або встановлення тотального контролю над ресурсами та територіями, а місцеве населення, прирікається у кращому випадку на виселення (добровільне або примусове), а у гіршому – на повільне вимирання або повне знищення. Саме тому цілями агресора, як правило, є об'єкти, які унеможливають нормальну життєдіяльність мирного населення. Крім того, у сучасних військових конфліктах має місце багаторазове перевищення жертв серед мирного населення порівняно з втратами військовослужбовців, на чому ми вже акцентували увагу.

По-друге, Зелена книга, як на наш погляд, не дає однозначної відповіді на питання про те, чи формування та реалізація державної політики щодо ЗКІ України буде законодавчо визначено як самостійний, відносно відокремлений напрям державно-владної діяльності та окремий напрям забезпечення НБ, чи-то здійснення відповідного напрямку державної політики буде охоплюватись якоюсь іншою (чи одночасно декількома) сферами державного управління, як-то: забезпечення ЦЗ, техногенної, енергетичної, воєнної, громадської, державної безпеки тощо. Разом з тим, дуже важливою є науково обґрунтована концептуалізація ЗКІ в системі інших заходів щодо забезпечення НБ, а також визначення структурних зв'язків з іншими елементами системи забезпечення НБ, оскільки від цього, багато в чому, залежить ефективність обраної державою інституційної моделі ЗКІ, механізму правового регулювання, визначення органів державної влади, відповідальних за цей напрям діяльності, оптимальний розподіл повноважень та меж відповідальності між ними тощо.

Заходи щодо створення ефективної системи ЗКІ цілком могли б реалізовуватись у межах системи заходів ЦО України та у тісному взаємозв'язку і при належній координації із іншими заходами щодо забезпечення НБ. Разом з тим, враховуючи той факт, що систему ЦО України наразі ліквідовано, а ЄДС ЦЗ поки не створено, вірогідність реалізації такої пропозиції в найближчий перспективі є вкрай низькою.

До того ж, ДСНС (яка здійснює безпосереднє керівництво діяльністю ЄДС ЦЗ), навіть за належної організаційної та інформаційно-аналітичної підтримки з боку РНБО, провідна роль якої у питаннях ЗКІ безсумнівна, навряд чи сьогодні інституційно спроможна посилити такий масштабний напрям забезпечення НБ як координація дій інших державних органів, зокрема

зацікавлених центральних органів виконавчої влади, у питаннях формування та реалізації державної політики із ЗКІ України.

В умовах світових й регіональних війн, збройних та інших соціальних конфліктів будь-якого характеру і масштабу населення кожної країни є резервом збройних сил, тому держава повинна готувати свій народ, громадянське суспільство для оборони у разі нападу ворога. Це є особливо важливим в епоху глобалізації, коли чимала частка реальних ризиків й загроз, у процесі застосування сучасних гібридних, конвергентних способів ведення війн, мають прихований, латентний характер та не усвідомлювані більшістю населення країн, що розвиваються.

Не викликає сумнівів той факт, що з ліквідацією систем ЦО, нехай навіть шляхом їх реорганізації (перетворення) в системи ЦЗ, неминуче слабшає оборонна могутність держави, що з позиції забезпечення її суверенітету, національної безпеки та обороноздатності є абсолютно неприйнятним.

Військові й збройні конфлікти в новітній світовій історії: в Іраку, Афганістані, Югославії, Чечні, Ємені, Лівії, Сирії, на сході України переконливо довели безальтернативність й гостру необхідність усебічного розвитку систем ЦО шляхом удосконалення наукових, економічних, правових, інституційних та інших засад їх функціонування, розширення спектру розв'язуваних завдань. Ці конфлікти наочно продемонстрували, до чого можуть призвести кон'юнктурні ідеалістичні концепції й теорії про девоєнізацію ЦО та їх трансформування у системи ЦЗ, переорієнтацію ЦО на виконання завдань гуманітарного характеру в умовах НС мирного часу.

Захист громадянами свого суверенного права на територію, а також права на життя на цій території необхідно здійснювати в рамках заходів ЦО (у сукупності, безумовно, із заходами щодо територіальної оборони, мобілізаційної підготовки, забезпечення громадської безпеки, ЗКІ тощо).

Для народу України потреба у створенні якісно нової системи ЦО сьогодні є набагато актуальнішою та гострішою, ніж створення системи ЗКІ.

Вважаємо, що заходи щодо ЗКІ повинні плануватись й реалізовуватись у межах такого комплексного напрямку державного управління як "Цивільна оборона", розвиток якого має бути в сучасних умовах однією із основних стратегічних цілей та пріоритетом державної політики України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев С. О. Проблеми концептуального характеру щодо розбудови єдиної державної системи цивільного захисту України / С. О. Андреев // Вісник НАДУ при Президентові України. – 2013. – № 2. – С. 71–80.
2. Про Концепцію Цивільної оборони України : постанова Верховної Ради України від 28.10.1992 № 2746-ХІІ // ВВР. – 1992. – № 47. – Ст. 649.
3. Про Державну програму перетворення військ Цивільної оборони України у Державну службу цивільного захисту : указ Президента України від 25.07.2002 № 664/2002 // Офіційний вісник України. – 2003. – № 52. – Ст. 2759.
4. Про заходи щодо вдосконалення державного управління у сфері пожежної безпеки, захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій : указ Президента України від 27.01.2003 № 47/2003 // Офіційний вісник України. – 2003. – № 5. – Ст. 174.
5. Про Державну програму перетворення військ Цивільної оборони України, органів і підрозділів державної пожежної охорони в Оперативно-рятувальну службу цивільного захисту на період до 2005 року : Указ Президента України від 19.12.2003 № 1467/2003 // Офіційний вісник України. – 2003. – № 52. – Ст. 2759.
6. Про деякі заходи з оптимізації системи центральних органів виконавчої влади : Указ Президента України від 24.12.2012 № 726/2012 // Офіційний вісник України. – 2012. – № 99. – Ст. 3998.
7. Про правові засади цивільного захисту : Закон України від 24.06.2004 № 1859-IV // Офіційний вісник України. – 2004. – № 29. – Ст. 1946.

8. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI // Офіційний вісник України. – 2012. – № 89. – Ст. 3589.
9. Андреев С. О. Перспективи та ризики розвитку системи цивільної оборони в контексті прийняття Кодексу цивільного захисту України / С. О. Андреев // Збірник наукових праць НАДУ при Президентіві України. – 2013. – № 1. – С. 62–72.
10. Ситник Г. П. Про нову конфігурацію постійно діючих органів управління цивільного захисту на державному рівні / Г. П. Ситник, С. О. Андреев // Вісник НАДУ при Президентіві України. – 2014. – № 2. – С. 5–11.
11. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні : аналітична доповідь / Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов, О. І. Насвіт, О. М. Суходоля. – К. : НІСД, 2015. – 35 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.niss.gov.ua/public/File/2015_table/Green%20Paper%20on%20CIP_ua.pdf
12. Байда С. Е. Угрозы военно-политического характера и социальной нестабильности в России и меры противодействия / С. Е. Байда // Успешность развития социальных систем и государственная политика и управление : Сб. матер. Всеросс. научн.-общ. конф. (г. Москва, 28 ноября 2014 г.). – М. : Наука и политика, 2015. – С. 494–504.
13. Байда С. Е. Оценка возможности инициирования мега-катастроф с применением существующих технических средств и технологий и экспертиза случаев их применения / С. Е. Байда // Стратегия гражданской защиты : проблемы и исследования. – 2010. – Т. 2. – № 1(2). – С. 23-44.
14. Global Terrorism Database [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.start.umd.edu/gtd/>
15. Бобро Д. Г. Визначення критеріїв оцінки та загрози критичній інфраструктурі новачів / Д. Г. Бобро // Стратегічні пріоритети : наук.-аналіт. щокварт. зб. – К. : Національний інститут стратегічних досліджень. – 2015. – № 4 (37). – С. 83–93. – (Серія “Економіка”).
16. Про Стратегію національної безпеки України : рішення Ради національної безпеки і оборони України від 06.05.2015, введено в дію Указом Президента України від 26.05.2015 № 287/2015 // Офіційний вісник України. – 2015. – № 43. – Ст. 1353.
17. Федеральный Закон Российской Федерации “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” от 21.12.1994 № 68-ФЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://base.garant.ru/10107960/1/#block_100
18. Національний класифікатор “Класифікатор надзвичайних ситуацій” ДК 019:2010 : надано чинності наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010 № 457 [чинний від 01.01.2011]. – К. : Держспоживстандарт України. – 2010. – 19 с.
19. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI // Офіційний вісник України. – 2012. – № 89. – Ст. 3589.
20. Гражданская оборона. – М. : Воениздат, 1976. – 384 с.
21. Про основи національної безпеки України : Закон України від 19.06.2003 № 964-IV // Офіційний вісник України. – 2003. – № 29. – Ст. 1433.

УДК 550.34

С.В. Щербіна
канд. фіз.-мат. наук

О.І. Бріцький
канд. техн наук, ст. наук. спів.

В.А. Ільєнко

І.Д. Белов
канд. техн. наук., доц.

В.В. Остапенко

Ю.В. Лісовий

О.А. Цубін

О.П. Дєдов
канд. техн. наук, доц.

П.Г. Пігулевський
док. геол. наук, ст. наук. спів.

О.О. Чалий

О.С. Кирилюк

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОВАЛЬНИХ ЯВИЩ В ІСТОРИЧНІЙ ЧАСТИНІ КИЄВА НА ТЕРИТОРІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАПОВІДНИКА «СОФІЯ КИЇВСЬКА»

At the National Reserve "Sophia" dangerous flops conducted research processes by measuring the temporal variations of microseismic background. The main objective of the preservation work of the complex of historic buildings as historical and cultural heritage of countries. Measurements of temporal variations of microseismic fluctuations lasting from 5 to 30 minutes were conducted in two different types of seismometers, English certified three-component velosymetrom GURALP CMG-40T, single-component and vertical laser seismometer. The laser provides a seismometer measuring horizontal displacements ranging from zero frequency.

Keywords: subsidence process, microseisms.

ВСТУП

В тезах розглянуто методикку досліджень небезпечних екзогенних процесів в ґрунтах (в тому числі просідання та провали) в історичній частині м. Києва, на території Національного заповідника «Софія Київська», з метою збереження комплексу історичних споруд, як історичного та культурного надбання країн.

Мета: дослідження небезпечних просідань ґрунту та провальних процесів шляхом вивчення тимчасових варіацій мікросейсмічного процесу в досліджуваному районі «Софії

Київської» на основі реєстрації та аналізу сейсмічних подій різного генезису, збору та аналізу записів мікросейсми викликаних провальними явищами на території заповідника.

Завдання досліджень:

- розроблення методики проведення робіт;
- вимірювання тимчасових варіацій мікросейсми;
- аналіз експериментальних записів.

Територія досліджень знаходиться в історичній частині м. Києва на правому березі р. Дніпро в межах останця річкового плато, яке обмежене річкою Дніпро, Хрещатим ярмом та низовиною історичного Подолу. Висота плато в точці заповідника становить 190 м. над рівнем моря. На схід від заповідника в напрямку р. Дніпро плато обривається майже прямокутно. Така морфологія ландшафту зумовлює складну гідрогеологічну обстановку в районі дослідження.

Історично забудова даної ділянки розпочалась в XI ст., центральна та найстаріша споруда заповідника Собор святої Софії був закладений, за новими дослідженнями доктора історичних наук Н. Нікітенко, в 1011 року. Нинішній ансамбль споруд остаточно сформувався в XVII ст. 1990 року ансамбль Софійського монастиря занесено до Переліку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО [1].

Площадка на якій проводились дослідження розташована в північній частині заповідника між Софіївським собором, Братським корпусом та будівлею Бурси (Рис. 1.). В цьому місці найінтенсивніше проявляються процеси просідання землі (Рис. 2.), імовірно провального характеру. Характерною рисою даного місця досліджень є нанесені на карту підземні історичні об'єкти, такі як штучні тунелі (Рис. 3.), тощо.

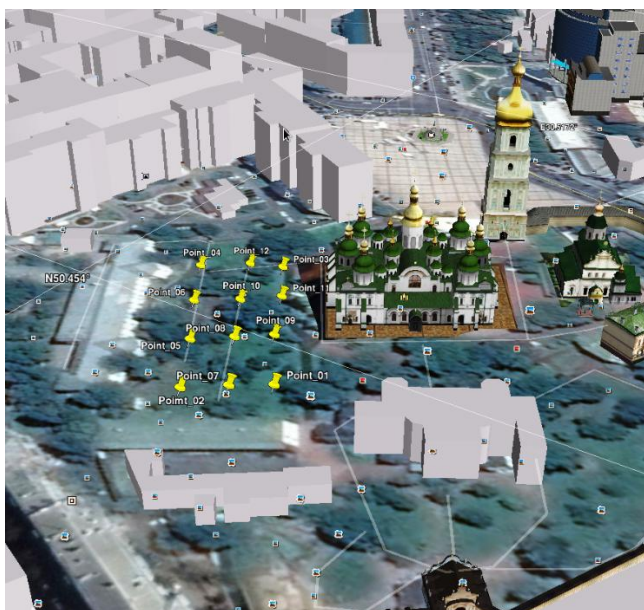


Рис. 1. 3D зображення Національного заповідника «Софія Київська», та площадки в межах якої проводились вимірювання.



Рис. 2. Фотографія просідання ґрунту, який відбувся в 2015 р. (накритого та огороженого в цілях безпеки) в межах площадки на якій проводились роботи.

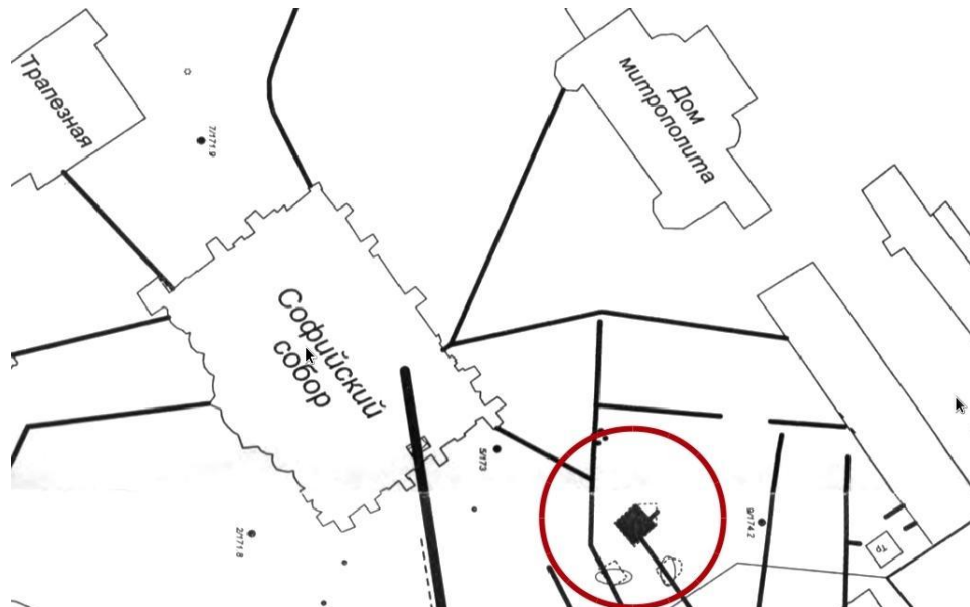


Рис. 3. Карта з нанесеними просіданнями ґрунту та відомими підземними тунелями.

Небезпечні екзогенні процеси в межах населених пунктів, поширена проблема до якої можна віднести не тільки техногенні просідання ґрунту, провальні явища, а і землетруси середньої інтенсивності. Прикладом таких явищ є зсувні та провальні прояви земної товщі (Рис. 4.) в Кривому Розі спричинених людським впливом [2], Гадяцький землетрус 03.02.2015 на межі Полтавської та Сумської областей, який відбувся у сейсмонеактивному регіоні Східноєвропейської плити.

Так Гадяцький землетрус 03.02.2015 був відчутний на великій території, він спричинив пошкодження приватних житлових помешкань які знаходились поблизу епіцентру землетрусу (Рис. 5.). враховуючи тектонічну обстановку території та небезпечність промислових об'єктів які знаходяться в даному регіоні, будь-які небезпечні процеси як землетрус можуть завдати збитків об'єктам критичної інфраструктури, в тому числі газопромисловим об'єктам, які розташовані в зоні землетрусу.



Рис. 4. Провал в центрі міста Кривий Ріг біля речового ринку (а) діаметром близько 15 м. та на його околиці (б) [1].



Рис. 5. Фотографія стін будівель які зазнали руйнувань в селах Бакути та Тимофіївка з 6-ти бальними значеннями інтенсивності землетрусу 03.02.2015

Методика робіт

Площадку на якій проводились вимірювання було розбито на 40 точок (пікетів) з відстанню між ними 5 м. та 4,28 м., відповідно (карта точок вимірювань у зоні провалу - <http://seismo.kiev.ua/GoogleMap/SophiaCathedral/>). Виміри тимчасових варіацій мікросейсмічних коливань тривалістю від 5 до 30 хвилин проводились двома різними типами сейсмометрів, англійським сертифікованим трьохкомпонентним велосиметром GURALP SMG-40T [3], та однокомпонентним вертикальним лазерним сейсмометром [4]. Ці обидва прилади синхронізувалися у часі та просторі за допомогою удару кувалди, а також по горизонтальні осі області вимірювання (<http://seismo.kiev.ua/GoogleMap/SophiaCathedral/>) були орієнтовані вздовж найдовшого простягання площадки вимірювань. Така одночасна реєстрація двох динамічних параметрів різними приладами дозволяє перевіряти отримані дані та підвищити їх достовірність.

Аналіз результатів вимірювання мікросейсмічних коливань у зоні провалів.

Процес вимірювань мікросейсмічних коливань у 40 точках зони провалу (карта точок вимірювань у зоні провалу - <http://seismo.kiev.ua/GoogleMap/SophiaCathedral/>) складався з наступних важливих моментів:

- проводилось розташування апаратури у належному місці, що було відмічено знаком з особливим номером, який мав значення від 11 до 58. Така нумерація є необхідною для точного визначення пункту вимірювань матричним методом;

- після підготовки апаратури до початку реєстрації робився удар кувалдою по землі на відстані приблизного одного метру від точки спостережень. Імпульсна форма цього зовнішнього сигналу дозволяє оцінити частотні властивості точки спостережень а також спостерігати її реакцію на імпульсний зовнішній сигнал.

- після короткочасного впливу на точку вимірювань робилась запис мікросейсмічних коливань тривалістю від 6 до 30 хвилин, що обумовлено важливістю точки вимірювань;

Аналіз результатів процесу вимірювань мікросейсмічного шуму пристроями різного типу трьохкомпонентним велосиметром та вертикальним лазерним сейсмометром на 40 (пікетах) точках площадки зони провалу дав можливість отримати важливі особливості цієї небезпечної зони провалу.

У процесі первинного аналізу експериментальних результатів двох етапів вимірювань у кожній точці (пікеті) було знайдено, що процес реакції кожної точки спостережень на зовнішній вплив складається з двох основних частин:

а) у вигляді реакції зони вимірювань на зовнішній імпульсний сигнал;

б) у вигляді процесів мікросейсмічні коливань різного походження.

Ці коливання могли бути як продовження записів зменшених по амплітуді процесів довгочасових звичайних коливань зони спостережень або як записи транспортного шуму та записи природних всевітніх мікросейсмічних коливань, що розповсюджуються по всій Землі.

На Рис. 6 (а), 6 (б) показані початкова та кінцева частини записів вертикальних коливань зроблених сейсмометром GURALP CMG-40T [3] у точці пікету вимірювань №31, який знаходиться майже у центрі зони провалу. Самі значні значення швидкості у цій точці спостерігаються саме на каналі N, напрямком якого повністю співпадає з основним напрямком зони провалу проведених досліджень (карта точок вимірювань у зоні провалу - <http://seismo.kiev.ua/GoogleMap/SophiaCathedral/>). Значення амплітуди швидкості у цій точці по каналу N дорівнює значенню 1,5 мм./сек., а повні значення амплітуди швидкості за період її максимальної зміни дорівнює майже 4,6 мм./сек., що означає наявність домінації процесу довгочасової повзучості частин карстової структури землі у цій точці спостережень.

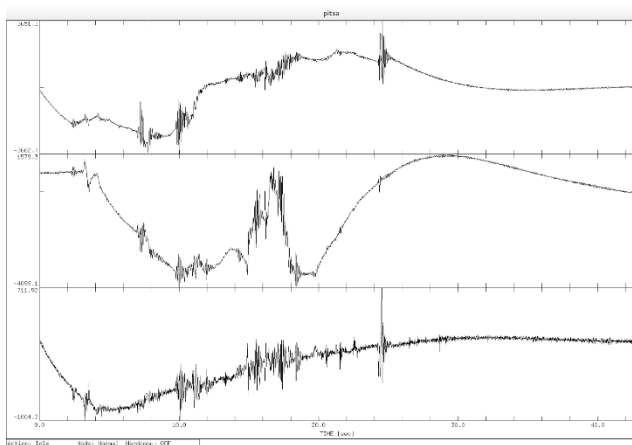


Рис. 6 (а) – початкові частини записів двох горизонтальні (верхні) E,N та вертикальної (нижньої) Z компонент швидкості знач-них мікросейсмічних коливань точки пікету №31 після удару кувалдою

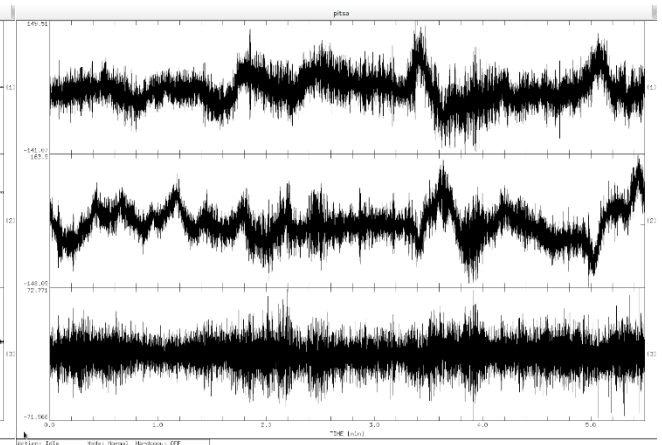


Рис. 6 (б) – дві горизонтальні (верхні) E,N та вертикальна (нижня) Z компоненти записів швидкості мікросейсмічних коливань у точці пікету №31

Окрім трьохкомпонентного сейсмометра GURALP CMG-40T [3] для вимірювань мікросейсмічних коливань різного походження у зоні провалу також використовувався вертикальний лазерний сейсмометр сучасної розробки [4], що дозволяє напряму вимірювати зміщення у нанометрах будь-якої точки спостережень у процесах коливань ґрунту у зоні провалів (Рис. 4, 5.). Такий сейсмометр забезпечує вимірювання горизонтальних переміщень, починаючи з нульових частот. При цифровій інфрачастотній фільтрації забезпечується вимірювання нахилів із розподільчою здатністю 10^{-4} кут. сек. На Рис. 7. показано записи значного мікроземлетрусу у центральній точці спостережень, що розташована прямо у зоні провалу.

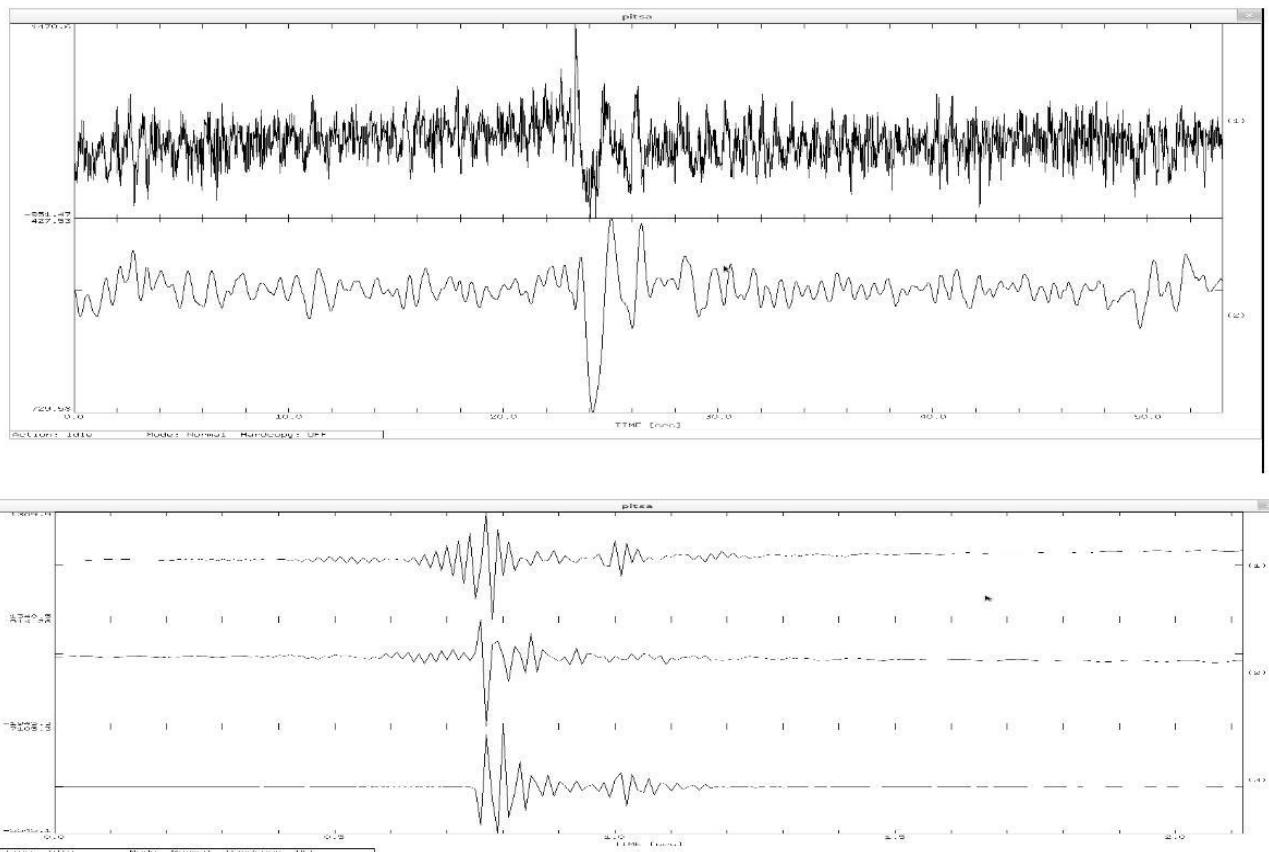


Рис. 7. Записи значного по амплітуді мікросейсмотрусу, що були зроблені вертикальним лазерним сейсмометром (верхній), та велосиметром (нижній) що стався у зоні самого провалу у точці спостережень №31. Максимальне його значення 12,6 мм./сек. на каналі Z.

ВИСНОВКИ

Причинами цього небезпечного явища, що постійно продовжується на території саду заповідника «Софія Київська», можуть бути такі:

1. поливання водою дерев та трави у саду заповідника «Софія Київська» довгочасовим автоматичним методом, що привело до протікання потоків цієї води у пустоти катакомб (Рис. 5.);
2. деформація поверхні ділянки спостережень, що обумовлена будівництвом висотних будинків з підземними гаражами, наявність яких може змінити гідрогеологічні режими та перекрити рух води і накопичення її в пустотах катакомб [6];
3. глобальне потепління [7], що може приводити до розширення поверхні Землі, що в свою чергу, може викликати значні деформації у зонах пустот, поверхня над якими потім провалюється.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Софіївський собор (Київ) Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%84%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80_\(%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%84%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%80_(%D0%9A%D0%B8%D1%97%D0%B2));
2. В.М. Здещиц, О.А. Калініченко, П.Г. Пігулевський, Б.І. Рибалко, С.В. Щербіна. Дослідження мікросейсмічних явищ техногенного походження. Геофізичний журнал, випуск №5 Т. 37, Київ, 2015 р., С. 132 – 142.;
3. CMG-40T Triaxial Broadband Seismometer. Operator's guide – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.guralp.com/documents/MAN-040-0001.pdf>;
4. Modern laser devices for integrated geophysical observations – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://seismo.kiev.ua/Lasers/lasers.html>;

5. Sinkholes and Karst Terrain Regions in America 1900 – 2015: Maps, Geological Data – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://americaninfomaps.wordpress.com/2015/03/18/sinkholes-and-karst-terrain-regions-in-america-1900-2015-maps-geological-data/>;
6. Hazard of sinkhole formation in the Centurion CBD using the Simplified Method of Scenario Supposition – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1021-20192015000200008;
7. Глобальне потепління і наслідки для України – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.textreferat.com/referat-5405-2.html>

В.М. Чернета

здобувач,

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ДОПУСТИМИХ ЗНАЧЕНЬ ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ

Розкрито поняття критичної інфраструктури, показано послідовність її досліджень та аналізу розрахунків на прикладі деяких європейських держав. Враховуючи їх передовий досвід, розроблені основні заходи заради зменшення наслідків від надзвичайних ситуацій, які можливі на території України.

Ключові слова: критична інфраструктура, ключові об'єкти, ризик-орієнтований підхід, пожежний ризик.

ANALYSIS OF THE CRITICAL INFRASTRUCTURE AND ACCEPTABLE VALUES FOR FIRE RISK OBJECTS IN UKRAINE

The concept of critical infrastructure was explained, the sequence of studies and analysis of calculations were showed. The Bulgarian and European legislation relating to critical infrastructure were considered. The classification of critical infrastructure in Bulgaria is presented. The main activities to reduce the impact of possible emergencies in Ukraine were developed according to the experience of European countries.

Keywords: critical infrastructure, key facilities, risk-based approach, fire risk.

Постановка проблеми. Як показує статистика, в усьому світі спостерігається тенденція до збільшення кількості надзвичайних ситуацій (НС) як природного та техногенного, так і соціально-політичного характеру. Це характерно і для України: висока концентрація об'єктів ядерної та хімічної промисловості, гідротехнічних споруд, а також об'єктів життєзабезпечення і комунікацій у випадку цілеспрямованого впливу на них диверсійних груп та незаконних формувань може призвести до утворення критичних обставин, паралізувати життєдіяльність і змусити до пересування тисячних мас населення.

Сучасні події на сході України ще раз підтвердили, що сутність війни та зміст збройної боротьби може корінним образом змінюватись. Так, 20 листопада 2015 року на території Херсонської області у результаті вибуху, напевно, протитанкових мін, зруйновані дві залізобетонні опори та пошкоджені ще дві опори високовольтних ліній електропередачі, по яким здійснюється електропостачання до Криму. У результаті цих подій, у холодну осінню пору року, без електропостачання залишилось близько 2 млн. осіб, побутові споживачі Криму та міста Севастополь [2]. Подібна диверсія призвела до відключення 13-го блоку Придніпровської ТЕС та 1-го блоку Вуглегірської ТЕС. Запорізька та Південноукраїнська АЕС терміново були переведені на аварійний режим роботи з метою забезпечення балансу між виробництвом та споживанням електроенергії у загальній енергосистемі України. Унаслідок цих перепідключень знизилась надійність роботи підстанції «Каховська», що, у свою чергу, могло привести до знеструмлення до 40 % споживачів Херсонської та Миколаївської областей [3]. Цей теракт наочно нам демонструє приклад так званої війни без правил, коли першочерговими об'єктами поразки стають не сам особовий склад, техніка та озброєння збройних сил, а інфраструктура держави, людські ресурси, що забезпечують її безперерійне

функціонування. В той же час, систематичне недофінансування і зношеність основних виробничих фондів на об'єктах нашої держави призводить до щорічного зростання потенційної загрози виникнення великомасштабних НС регіонального та державного рівня.

За таких умов основним питанням безпеки є надійний захист об'єктів критичної інфраструктури та збереження життя і здоров'я мирного населення України. На жаль, при проведенні аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт (АРiНР) існують суттєві недоліки в оперативному прийнятті відповідних рішень, своєчасній організації реагування на НС та недостатньому технічному обладнанні рятувальників. Ці причини, в першу чергу, полягають у недосконалій сучасній системі захисту критичної інфраструктури нашої держави та відсутності на законодавчому рівні нормативних значень ризику, в тому числі, і з напрямку пожежної безпеки.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Вивченням сучасних тенденцій при дослідженні критичної інфраструктури в розвинутих країнах займалися іноземні експерти Валерій Ратчев, Тодор Тагарев, Мартін Лінхарт і вітчизняні фахівці Д.С. Бірюков, В.В. Бегун, В.Ф. Гречанінов, О.М. Евдін та інші. Проте вивчення питань захисту критичної інфраструктури потребують постійного доопрацювання з урахуванням сучасних драматичних подій в Україні.

Мета дослідження: сформулювати потребу створення сучасної системи захисту критичної інфраструктури України з урахуванням економічно-політичної обстановки для зменшення відставання від провідних країн світу в системі європейської колективної безпеки; провести аналіз вимог зарубіжних нормативних документів, якими регламентують питання пожежних ризиків, з метою подальшого впровадження в Україні накопичених напрацювань.

Викладення основного матеріалу дослідження. Частиною цивільної інфраструктури, що представляє собою сукупність фізичних або віртуальних систем і засобів, важливих для держави в такій мірі, що їх вихід з ладу чи знищення може призвести до пагубних наслідків в області оборони, економіки, охорони здоров'я та безпеки нації, називають критичною.

Дослідження критичної інфраструктури стають пріоритетними в багатьох країнах світу, в першу чергу в США, де рівень розвитку інформаційних технологій та можливості сучасних комплексів імітаційного моделювання постійно підвищуються. Серед цілей подібних досліджень виділяють захист національної критичної інфраструктури та організацію впливу на її об'єкти у супротивника. При цьому головне завдання полягає у виявленні ключових об'єктів (або їх сукупності), вплив на які може надати найбільш негативний ефект на галузь економіки, ключовий ресурс або всю інфраструктуру, а також в оцінці наслідків подібного впливу та розробці механізмів зниження таких ризиків.

Разом з тим, однією з основних перепон при виявленні ключових об'єктів критичної інфраструктури до недавнього часу була відсутність чіткого математичного апарату, що не дозволяло сформулювати кількісні показники вразливості об'єктів. Ймовірно, цим і можна пояснити те, що в основі більшості подібних досліджень лежав метод експертних оцінок, який передбачає обов'язкову наявність інформації про можливу шкоду «еталонного об'єкту» або розробку спеціальної шкали факторів ризикованості («небезпечності») таких [1].

Яскравим прикладом подібної роботи є модель, розроблена фахівцями міністерства внутрішньої безпеки (МВБ) і міністерства оборони США, в основу якої покладена методика визначення пріоритетності об'єктів ключових фондів військово-промислової бази (The Asset Prioritization Model – АРМ). Суть її полягає в розрахунку індексу ризикованості об'єкта, залежного від рейтингу об'єкта за шкалою категорії факторів і значущості даного чинника. Основний недолік подібних моделей полягає в тому, що дослідження, як правило, здійснювалися без урахування зв'язності вхідних до неї об'єктів. У той же час без урахування і аналізу мережевої складової кожного сектора критичної інфраструктури (економічного, фінансового, енергетичного і т. д.) дуже проблематично забезпечити достатню адекватність моделі об'єкту дослідження.

Вивчення та аналіз критичної інфраструктури відносно молоде явище. Це питання стало привертати до себе пильну увагу тільки в кінці минулого століття. Саме події середини 90-х років (теракт в Оклахома-Сіті в 1995-му, публікація висновків доповіді наукового комітету МО США по інформаційній війні в 1996-му), а також тотальна комп'ютеризація систем

управління і контролю різних секторів критичної інфраструктури суттєво підвищили значимість і необхідність таких досліджень [4].

Так, в липні 1996 року адміністративним указом президента США № 13010 «Про роботу по дослідженню вразливості захисту критичної інфраструктури від кібернетичних і фізичних загроз» була сформована комісія із захисту критичної інфраструктури при президенті США (President's Commission on Critical Infrastructure Protection – PCCIP). Перша доповідь комісії опублікована вже через рік. Незважаючи на те, що доповідь не визначала прямих загроз національній безпеці, в ній відзначалася важливість взаємозв'язку складових критичної інфраструктури, включаючи енергетику, транспорт, служби з надзвичайних ситуацій, банківський і фінансовий, телекомунікаційний сектори економіки та інші життєво важливі ресурси.

У травні 1998 року у світ вийшла директива президента № 63 «Стратегія спільних зусиль адміністрації США і приватного сектора в галузі захисту критичної інфраструктури». Вона визначала мету і завдання, які вирішуються для забезпечення захисту національної інфраструктури від навмисних атак, і супроводжувалася адміністративними указами президента № 13130 «Про Національну раду з критичної інфраструктури» та № 13231 «Про захист національних критичних інформаційних систем». У відповідності з цими документами почалося формування центрів інформаційного обміну та аналізу (Information Sharing and Analysis Centers), а також національної ради з критичної інфраструктури (National Infrastructure Advisory Council – NIAC). В кінці 2001 року був створений Національний центр аналізу та імітаційного моделювання інфраструктури (The National Infrastructure Simulation and Analysis Center – NISAC), а в листопаді 2002-го утворено Міністерство внутрішньої безпеки (МВБ), на яке і було покладено загальне керівництво заходами забезпечення захисту національної інфраструктури від різних загроз.

У Республіці Болгарія з 23 жовтня 2012 року вступило в силу Положення про порядок компетентних органів для встановлення критичних інфраструктур та їх об'єктів і для оцінки ризику для них. Положення має за мету досягнення більш ефективної превентивної діяльності в результаті своєчасного встановлення критичних інфраструктур та прилеглих до них об'єктів і відповідної оцінки ризику. Це призведе до зменшення їх вразливості від природних лих або умисних посягань. Положення відповідає вимогам для ідентифікації, позначення європейських критичних інфраструктур та оцінки необхідності поліпшення їх захисту. Всі заходи запроваджені Законом про захист при лихах. З точки зору європейського законодавства проблема порушена в Директиві 2008/114/ЕО Європейського парламенту і Ради від 8 грудня 2008 року щодо ідентифікації та позначення європейських критичних інфраструктур та оцінки необхідності у поліпшенні їх захисту. Директива є основним документом, поряд з так званою «Зеленою книгою Європейської програми на захист критичних інфраструктур» (ЗКІ), для ідентифікації і забезпечення Європейської критичної інфраструктури та оцінки необхідності в поліпшенні її захисту. У ній визначено основні поняття – «критична інфраструктура», «аналіз ризику», «захист», «чутлива інформація, пов'язана з ЗКІ» та ін. Директива охоплює в основному сектори енергетики та транспорту, де планується її перегляд, включаючи у сфері її застосування і інші сектори. Додаткові вимоги вносить і директива Європейського парламенту та Ради Європи, що встановлює інфраструктурну просторову інформацію в спільності INSPIRE, яку, в якості держави – члена ЄС, Болгарія транспортує.

Підхід до забезпечення захищеності критичної інфраструктури, що враховує усі загрози (англ. all hazard approach), стає домінуючим в політиці безпеки окремих держав та міжнародних організацій, і це знайшло своє відображення, зокрема в 2012 році у комюніке Сеульського саміту з (фізичної) ядерної безпеки, в якому одним з пріоритетних напрямів діяльності держав-учасниць і міжнародних організацій в ядерній сфері визнано інтегрований підхід до технічної ядерної безпеки (англ. nuclear safety) та фізичної ядерної безпеки (англ. nuclear security).

Так, в Російській Федерації ще в 2004 році була створена Міжвідомча координаційна група з вирішення ключових проблем забезпечення захищеності населення країни та критично важливих для національної безпеки об'єктів інфраструктури, а згодом і перелік таких об'єктів, затверджена Концепція федеральної системи моніторингу критично важливих

об'єктів і (або) потенційно небезпечних об'єктів інфраструктури (2005 р.) та Методичні рекомендації з розробки планів підвищення захищеності критично важливих об'єктів. Досвід міжнародних науково-дослідних інститутів, зокрема Інституту прикладного системного аналізу (Австрія), показує, що проблема захисту критичної інфраструктури формулюється як задача стратегічного управління безпекою.

В той же час, з 2014 року східні регіони України знаходяться в умовах збройного протистояння. Руйнування кожного із життєво важливих об'єктів (починаючи з 15 ядерних енергоблоків, дніпровського гідротехнічного комплексу, розвинутої хімічної промисловості) може призвести до катастрофічних наслідків. Крім того, зношеність основних фондів України перевищує 85% [6]. Тому проблема захисту критичної інфраструктури з кожним роком набуває все більшої ваги.

На теперішній час державна служба України з НС, як основний підрозділ по ліквідації наслідків надзвичайних наслідків на Україні, в своїй діяльності неспроможна виконувати функції забезпечення безпеки об'єктів, а тільки забезпечує захист населення у випадку аварії. Однією з причин важкого становища в сфері техногенної безпеки в Україні є недосконалість нормативно-правової бази, що регулює дану сферу. Адже саме держава повинна забезпечувати захист від загроз, пов'язаних із втратою критичної інфраструктури та активніше використовувати ризик-орієнтований підхід при попередженні загроз критичній інфраструктурі.

З 2011 навчального року методи аналізу ризиків викладаються тільки у деяких вищих навчальних закладах України різного спрямування. На жаль, національна статистика для застосування цих методів постійно поповнюється новими аваріями на мережах життєзабезпечення, внаслідок як широкомасштабних терористичних актів, руйнівних сил природних лих, так і техногенних аварій (особливо пожеж). Запобігання подібних загроз дозволить значно зменшити можливі наслідки, тому важливим є інформаційне забезпечення, врахування взаємозв'язків між інфраструктурами та елементами всередині інфраструктур, здійснення моніторингу стану об'єктів. Прийшов час створити в Україні оперативну інформаційну службу прогнозу, до завдань та компетенції якої буде належати оцінка ризиків критичних інфраструктур та здійснення реагування на загрози задля виживання нації.

Як відомо, Україна належить до іншої економічної категорії, ніж такі країни як ЄС чи США. Тому впроваджувати систему захисту критичної інфраструктури необхідно, зважаючи на фінансове забезпечення. В сучасних умовах цей напрямок уже став робочим дієвим механізмом забезпечення національної безпеки багатьох європейських держав. Забезпечення безпеки у світі розглядається як вигідна та високотехнологічна економічна діяльність, а інвестування в попередження загроз є менш витратним, ніж ліквідація наслідків можливих аварій.

Україна переходить на новий вид технічного регулювання, суть якого полягає в заміні жорстких вимог вибору прийнятного варіанту системи протипожежного захисту об'єкта. Реалізація такого підходу забезпечується шляхом аналізу, оцінки та управління ризиками.

Аналіз нормативно-правових актів з пожежної безпеки [6] свідчить про актуальність створення системи превентивної безпеки в Україні. Проте відсутність кількісного нормативного значення рівня пожежного ризику та методик щодо його оцінювання унеможливує її реалізацію. Тож постала необхідність проведення аналізу вимог зарубіжних нормативних документів та джерел інформації, якими регламентують питання пожежних ризиків, з метою впровадження в Україні накопичених напрацювань.

Основою для регулювання безпеки у Великобританії, який вимагає від роботодавців гарантій та доказів того, що ризик для персоналу і населення перебуває на рівні настільки низькому, наскільки це практично досяжно (ALARA). При цьому загальний критерій індивідуального ризику становить $10^{-4} \div 10^{-6}$ (рік-1).

У Німеччині прийнята система вимог, що висувуються до потенційно небезпечних установок, які повинні виконуватися на стадіях проектування, будівництва та експлуатації. У відповідному аналізі (звіт з безпеки) кількісно обґрунтовується прийнятність ряду особливостей проекту, а оцінка внутрішньо притаманних ризиків виражається ймовірнісними

термінами. Не робиться спроб ідентифікувати прийнятний рівень ризику навіть для тих випадків, коли за допомогою методів аналізу можна практично дати оцінку рівня ризику у ймовірнісних термінах. Кількісну оцінку ризику розглядають лише як додаток до професійного аналізу регулюючих органів про прийнятність ризику.

У Франції регуляторні органи не прийняли жодного приписуючого підходу, вважаючи, що їх положення вимагають відомої гнучкості підходу в залежності від особливостей кожного розглянутого випадку. Існування жорстких правил розглядається скоріше як недолік, але водночас промисловість підтримує ту точку зору, що стандарти потрібні для забезпечення рамок обговорення необхідності додаткових заходів з безпеки.

У Данії для хімічних установок з переробки відходів прийнятним рівнем ризику є 10^{-6} рік⁻¹. Особливістю є та обставина, що національні органи регулювання приймають рішення про прийнятність ризиків, пов'язаних із конкретними установками, тільки після оцінки технічного стану та результатів оглядів комісій з безпеки відповідних організацій.

У Нідерландах нормативним документом «Versteeg and Visser» (1987)» встановлено гранично допустимий рівень ризику 10^{-6} у рік. Для індивідуальних ризиків у діапазоні між 10^{-6} та 10^{-8} у рік зниження ризику є бажаним, при цьому слід керуватися принципом ALARA. Ризики величиною 10^{-8} у рік і нижчі розглядаються як нормальні, тому жодних спеціальних дій у таких випадках не вимагається.

Значення індивідуального ризику в США, що рекомендуються Національною асоціацією пожежної безпеки США (National Fire Protection Association – NFPA), становлять $10^{-6} \div 10^{-8}$ (рік⁻¹).

В Італії закладено принцип обов'язку роботодавця оцінити рівень пожежного ризику об'єкта. Проведення цієї процедури полягає у виявленні пожежної небезпеки об'єкта; виявленні осіб, які перебувають на робочих місцях і незахищені у випадку пожежі; намічених заходів виключення чи зменшення небезпеки пожежі; в оцінці небезпеки вторинних проявів пожежі; перевірці відповідності вимогам наявних заходів безпеки, спрямованих на виключення чи зменшення вторинних проявів пожежі.

У Російській Федерації з використанням поняття пожежного ризику встановлені умови відповідності об'єкта захисту вимогам пожежної безпеки, а також визначено нормативне значення індивідуального пожежного ризику у будинках та спорудах, яке становить 10^{-6} .

За результатами аналітичних досліджень зарубіжного досвіду [6] встановлено, що нормативне значення індивідуального пожежного ризику становить від 10^{-6} до 10^{-4} . З метою реалізації в Україні підходу щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів на основі оцінки ступенів ризику необхідно на науковому рівні обґрунтувати і на законодавчому рівні прийняти кількісні значення мінімально можливого та гранично допустимого ступенів ризику для об'єктів різного функціонального призначення, розробити методики оцінювання ризику для таких об'єктів, відповідне комп'ютерне забезпечення, підготувати фахівців з даного напрямку, що і є предметом подальшої роботи.

Висновки. Гостра соціально-політична криза, різке посилення екстремізму та тероризму, небувалий ріст злочинності, у тому числі із використанням зброї, падіння економіки та пошкодження численних підприємств потребує докорінного реформування та запровадження в нашій державі концептуального поняття – захист критичної інфраструктури як одного із сучасного інструменту реалізації безпекової політики.

Таким чином, поступове втілення системи захисту критичної інфраструктури та встановлення нормативних ризиків дозволить зменшити відставання від провідних країн світу в системі європейської колективної безпеки. Їх поступове втілення у життя дозволить зміцнити систему захисту національної безпеки України, посиливши її здатність до попередження кризових ситуацій, пов'язаних із функціонуванням критичної інфраструктури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кондратьев А. Современные тенденции в исследовании критической инфраструктуры в зарубежных странах [Текст] / А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2012. - № 1. - С. 19-30.

2. Співробітників «Укренерго» допустили до пошкоджених ліній електропередач [Електронний ресурс] / Радіо «Свобода» – Режим доступу: <http://www.radiosvoboda.org/content/news/27380001.html>.

3. Інформація про події навколо пошкоджених ліній [Електронний ресурс] / ДП «НЕК «Укренерго». – Режим доступу: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/Pages/ua/DetailsNew.aspx?nID=1889>.

4. About the National Infrastructure Simulation and Analysis Center [Електронний ресурс]/ Official website of the Department of Homeland Security. – Режим доступу: <https://www.dhs.gov/about-national-infrastructure-simulation-and-analysis-center>.

5. Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні. Аналітична доповідь [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1079/>.

6. Михайлова, А.В. Анализ зарубежного опыта по определению пожарного риска / А.В.Михайлова, В.В. Нижник // Материалы 15-й Всеукраинской научно-практической. конф. спасателей. Киев: ИДУЦЗ, 2013.- С. 204-206.

О.А.Крюковська
к.т.н, доцент

В.О. Галаганов
студент

АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННИХ НЕБЕЗПЕК, ПОВ'ЯЗАНИХ З ДІЯЛЬНІСТЮ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті досліджено вплив техногенних небезпек, пов'язаних з діяльністю промислових підприємств на прикладі Дніпропетровської області. Проаналізовано основні показники забруднення навколишнього середовища в регіоні. Визначено основні ризики, пов'язані з діяльністю промислових підприємств. Надано рекомендації стосовно зниження рівня забруднення навколишнього середовища в регіоні та адаптації технологічних процесів на досліджуваних підприємствах до міжнародних норм і стандартів.

Ключові слова: *техногенна небезпека, виробничий процес, промисловість, забруднення навколишнього середовища, надзвичайна ситуація, аварійні ризики*

ANALYSIS OF THE TECHNOGENIC DANGER ASSOCIATED WITH THE ACTIVITY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

In the article we investigated the influence of man-made hazards associated with industrial activity on the example of Dnepropetrovsk region. Analyzed basic indicators of pollution in the region. Determined main risks associated with industrial activities. Give recommendations concerning reduction of pollution in the region and adaptation technological processes at the enterprises with international standards.

Key words: hazard, manufacturing process, industry, pollution, emergency, emergency risks

Вступ. На сьогоднішній день в Україні склалась доволі важка екологічна ситуація. Більшість підприємств важкої промисловості, які створювались за часів СРСР, не відповідають технологічним та екологічним стандартам сучасності. Значної шкоди людям і довкіллю завдають небезпечні викиди шкідливих речовин, які виділяються під час виробничих процесів на даних підприємствах. Тому необхідно дослідити сутність техногенних небезпек, особливості їх впливу та розробити комплекс заходів для нівелювання або мінімізації негативного впливу діяльності промислових підприємств на навколишнє середовище.

Постановка задачі. Метою даної статті є дослідження основних техногенних небезпек, пов'язаних з діяльністю промислових підприємств Дніпропетровської області, аналіз статистичних показників стосовно викидів шкідливих речовин у довкілля, надання рекомендацій щодо зниження кількості викидів шкідливих речовин та адаптації виробничих процесів на підприємствах зазначеного регіону до міжнародних норм і стандартів.

Результати роботи. Дане питання викликає інтересів як у наукових колах, так і серед широких верств населення. Даним питанням займались О.Н. Русак, С.В. Петров, Т.А. Хван [4, 5, 6]. Серед вітчизняних досліджень необхідно відзначити роботи В.В. Ковалевського та С.І. Дорогунцова [1, 2].

Для кращого розуміння даної проблеми необхідно визначити сутність категорії «техногенна небезпека», встановити основи класифікації даної категорії та дослідити напрями впливу цих небезпек на природу і людину.

Згідно з визначенням сучасної наукової термінології, техногенна небезпека – це стан, внутрішньо властивий технічній системі, промислового або транспортного об'єкту, що реалізується у вигляді вражаючих впливів джерела техногенної надзвичайної ситуації на

людину і навколишнє середовище при його виникненні, або у вигляді прямого або непрямого збитку для людини і навколишнього середовища в процесі нормальної експлуатації цих об'єктів [5, с.92].

До техногенних відносяться надзвичайні ситуації, походження яких пов'язане з виробничо-господарською діяльністю людини на об'єктах техносфери. Як правило, техногенні надзвичайні ситуації (НС) виникають внаслідок аварій, що супроводжуються мимовільним виходом в навколишній простір речовини і (або) енергії.

Базова класифікація НС техногенного характеру будується за типами і видам надзвичайних подій, що ініціюють НС:

- транспортні аварії (катастрофи);
- пожежі, вибухи, загроза вибухів;
- аварії з викидом (загрозою викиду) ХОВ;
- аварії з викидом (загрозою викиду) РВ;
- аварії з викидом (загрозою викиду) біологічно небезпечних речовин;
- раптове обвалення будівель, споруд;
- аварії на електроенергетичних системах;
- аварії в комунальних системах життєзабезпечення;
- аварії на очисних спорудах;
- гідродинамічні аварії [2].

Вище сказане зумовлює об'єктивну необхідність у дослідженні факторів, які впливають на виникненні і розвиток техногенних небезпек. Згідно із сучасною науковою літературою, основними факторами виникнення небезпек і надзвичайних ситуацій техногенного характеру є:

- нестійкий (напружений) стан об'єкта при якому вплив на нього всіх потоків речовини, енергії та / або інформації перевищують максимально допустимі значення (це знижує здатності попередження, ослаблення, усунення та відображення небезпек);
- збільшення енергоємності, впровадження нових технологій і матеріалів, небезпечних для природи і людини;
- недосконалість і застарілість обладнання, зниження технологічної та трудової дисципліни;
- накопичення відходів виробництва і енергетики, у тому числі хімічних і радіоактивних;
- недоліки контролю наглядових органів і державних інспекцій;
- нестача кваліфікованих кадрів, що володіють культурою безпеки на виробництві та в побуті;
- недостатній рівень попереджувальних заходів по зменшенню масштабів і наслідків надзвичайних ситуацій, зниження ризику їх виникнення [4].

Необхідно відзначити, що спеціалісти з питань безпеки виділяють п'ять умовних типових фаз, які проходять надзвичайні ситуації на виробництві, зокрема аварії на промислові об'єкти, у процесі свого розвитку:

- перша - накопичення відхилень від стану чи процесу;
- друга - ініціювання надзвичайної події (аварії, катастрофи чи стихійного лиха);

Для випадку аварії на виробництва, у аварійний період підприємство або його частина переходить до нестабільного стану. Цьому періоду може передувати "аварійна ситуація" - аварія ще не відбулася, але її передумови очевидні. У цей момент ще може існувати реальна можливість до її запобігання або істотного зменшення її масштабів.

- третя - процес розвитку надзвичайних ситуацій, під час яких відбувається безпосередній вплив на людей, об'єкти і довкілля первинними вражаючими чинниками;

- четверта - вихід аварії за межі території підприємства або міста і дію залишкових чинників;

- п'ята - ліквідація наслідків і природних катастроф; усунення результатів дії небезпечних чинників, породжених аварією чи стихійним лихом; проведення рятувальних робіт у осередку аварії чи районі стихійного лиха й у прилеглих постраждалих зонах [6].

Говорячи про промислові підприємства, необхідно відзначити, що значної шкоди природі й людям завдають відходи промислового виробництва металургійної, хімічної та нафтохімічної промисловості, теплові електростанції.

Наприклад, підприємства хімічної та нафтохімічної промисловості є основними джерелами цілого ряду різноманітних токсичних речовин. До них в першу чергу слід віднести органічні розчинники, аміни, альдегіди, хлор, оксиди сірки і азоту, сполуки фосфору, ртуті. Важливим є той факт, що багато хімічних сполук здатні передаватися по харчових ланцюгах і накопичуватися в живих організмах, збільшуючи тим самим хімічне навантаження на організм людини.

Не менш небезпечним залишається вплив промислових підприємств та теплових електростанцій (ТЕЦ), які щохвилини спалюють величезну кількість палива, що призводить до безперервного підвищення вмісту двоокису вуглецю в атмосфері, вони ж є винуватцями викидів в атмосферу оксидів азоту, сполук сірки.

За даними статистики, найбільше шкідливих викидів у повітря спричиняють підприємства чорної й кольорової металургії Маріуполя, Кривого Рогу, Дніпропетровська, Запоріжжя, Донецька, Макіївки, Дебальцевого. Для їх знешкодження відносно ефективними є будівництво високих труб, встановлення фільтрів, утилізація уловлених речовин. Райони чорної та кольорової металургії на сьогодні також досить забруднені, особливо міста Придніпров'я, де потужні металургійні заводи стоять на високому правому березі Дніпра, що при західному вітрі створює дуже складну екологічну ситуацію для населення цих міст [1].

Паралельно з виснаженням родовищ (переважно руди) збільшується кількість так званих техногенних родовищ, або "хвостів", — відходів великих промислових виробництв. В одному лише Кривому Розі, де з гірської маси вилучається здебільшого залізна руда, твердих відходів накопичилося понад 12 млрд. т — майже половина загального обсягу в країні (25 млрд. т). А в Донбасі на кожного жителя припадає 4 тис. т відходів.

Подібні "хвости" в усьому світі утилізуються на 70—80 %. В Україні їхнє використання не перевищує 10 %. За підрахунками вчених, з 1,5 тис. техногенних об'єктів в Україні близько півсотні є родовищами, де можна здійснювати промислову розробку рідкісних металів, золота, інших руд і навіть алмазів. З відходів Запорізького титаномагнієвого комбінату, Нікопольського феросплавного та Миколаївського алюмінієвого заводів можна одержати близько 30 компонентів, зокрема й рідкіснометалевих, собівартість яких у 5—15 разів нижча від їхньої ринкової ціни. Розробка вже розвіданих техногенних родовищ може забезпечити Україну в повному обсязі ітрієм, танталом, ніобієм, скандієм і ртуттю. Близько 60 % "хвостів" Кривого Рогу можна використовувати у виробництві будматеріалів [3].

Попри небезпечність для довкілля діяльності вище зазначених напрямів промисловості, на нашу думку, найбільш небезпечними є атомні електростанції (АЕС). Проблеми атомної енергетики обумовлені насамперед надійністю роботи енергоблоку. Ймовірні оцінки ризику руйнування блока АЕС, що могло б привести до радіоактивних виділень у легководних реакторах західного типу, були проведені 1975 р. ядерною контрольною комісією США. Оцінки показали, що наймасштабніше виділення внаслідок руйнації оболонки реактора може статися один раз на мільйон років експлуатації реакторів. Аналізи, проведені після аварій на Трі-Майл-Айленд (США) і Чорнобильській АЕС, де використовувалися зовсім різні типи реакторів, показали, що ці аварії сталися через дві й чотири тисячі реакторів-років відповідно. В 1986 р. у Відні на нараді експертів МАГАТЕ відзначалося, що за міжнародним стандартом реактори РБМК із 19 обов'язкових параметрів відповідають тільки одному.

У Дніпропетровській області сконцентровано ряд підприємств важкої промисловості, виробнича діяльність яких призводить до забруднення навколишнього середовища і підвищує ризик виникнення техногенних небезпек і надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ними. Основний перелік даних підприємств та показники забруднення довкілля від їхньої діяльності ілюструє таблиця 1 [3].

Табл. 1 – Показники забруднення довкілля промисловими підприємствами Дніпропетровської області

Назва підприємства	Основні показники забруднення довкілля
--------------------	--

	Забруднення повітря, тис. тонн	Забруднення води, млн. м ³	Сміттєве забруднення, тис. тонн
ПАТ «ДМКД»	98,8	82,97	0,083
КВП ДМР «Міськводоканал»	0,002	18,69	2,1
ПАТ «Євраз ДКХЗ»	1,362	0	0
ПАТ «ДніпроАзот»	0,632	3,24	0
ПАТ «Євраз-Баглійкокс»	1,883	0,129	0
ПАТ «Інтерпайп»	1,206	1,748	1,588
ПАТ «Євраз ДМК ім. Петровського»	9,24	59,57	52,38
ДТЕК Придніпровська ТЕС	66,4	703,79	513,91
Сумарне значення	179,53	870,14	570,06

За даними таблиці можна зробити висновок, що найбільш забруднюючим підприємством регіону є Придніпровська ТЕС. Питома вага викидів даного підприємства у загальнообласному масштабі складає 36,99% забруднення повітря, 80,88% - води, 90,15% - сміттєвого забруднення.

Значні об'єми забруднення навколишнього середовища та підвищення рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій викликає необхідність у розробці заходів, спрямованих на нівелювання або мінімізацію впливу даних підприємств на довкілля регіону. До таких заходів варто віднести наступні:

- розробку та реалізацію правових і економічних норм щодо забезпечення захисту населення і територій від НС;
- здійснення цільових науково-технічних програм, спрямованих на попередження НС і підвищення стійкості функціонування організацій, а також об'єктів соціального призначення в НС;
- забезпечення готовності до дій органів управління, сил і засобів, призначених і виділяються для попередження і ліквідації НС;
- збір, обробку, обмін та видачу інформації у сфері захисту населення і територій від НС;
- підготовку населення до дій у НС;
- прогнозування і оцінку соціально-економічних наслідків НС;
- створення резервів фінансових і матеріальних ресурсів для ліквідації НС;
- здійснення державної експертизи, нагляду і контролю у сфері захисту населення і територій від НС;
- ліквідація НС;
- здійснення заходів щодо соціального захисту населення, постраждалого від НС, а також осіб, які безпосередньо беруть участь в їх ліквідації;
- реалізацію прав і обов'язків населення в області захисту від НС, в тому числі осіб, що безпосередньо беруть участь в ліквідації НС;
- міжнародне співробітництво у сфері захисту населення і територій від НС.

Висновки. Вище сказане дозволяє зробити висновки, що діяльність підприємств важкої промисловості у Дніпропетровському регіоні супроводжується значними обсягами викидів шкідливих речовин, небезпечних для навколишнього середовища. Дана тенденція зумовлена використанням застарілого обладнання, недотриманням міжнародних норм у системі захисту навколишнього середовища, недостатнім контролем з боку державних органів та служб у даному питанні. Для вирішення зазначеної проблеми необхідне ефективне впровадження комплексу заходів технологічного, законодавчого та економічного характеру, що призведуть до зниження викидів шкідливих речовин і створять умови для подальшої екологізації регіону як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дорогунцов С.І., Коценко К.Ф., Хвесик М.А. Екологічні дослідження / С.І. Дорогунцов, К.Ф. Коценко, М.А. Хвесик та ін. — К.: КНЕУ, 2005. — 371 с.
2. Ковалевський В.В., Михалюк О.Л., Семенова В.Ф. Розміщення продуктивних сил / В.В. Ковалевський, О.Л. Михалюк, В.Ф. Семенова. — К.: Знання. - 1998 р. — 324 с.
3. Офіційний сайт Департаменту екології та природних ресурсів Дніпропетровської обласної державної адміністрації [Електронний ресурс] — Доступ: <http://eco.dp.gov.ua/>
4. Петров С.В., Макашев В.А. Небезпечні ситуації техногенного характеру та захист від них / С.В. Петров, В.А. Макашев. — М.: Енас. — 2008. — 221 с.
5. Русак О.Н., Малаян К.Р., Занько Н.Г. Безпека життєдіяльності / О.Н. Русак, К.Р. Малаян, Н.Г. Занько. — Спб.: Лань. — 2001. — 157 с.
6. Хван Т.А., Хван П.А. Основи безпеки життєдіяльності / Т.А. Хван, П.А. Хван. — Ростов н/Д: Фенікс. — 2000. — 281 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІТАЮЧИХ ДРОНІВ У БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Лисенко О.І., Валуйський С.В., Чумаченко С.М.
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»
E-mail: samubf@gmail.com

Applied Aspects of Wireless Sensor Networks and UAVs

The article discusses new applied aspects of wireless sensor networks and UAVs, in particular remote data collection using UAV, drone application in telco for network optimization, tower audit and remote inspection, line of sight planning etc.

Безпроводові сенсорні мережі і безпілотні літальні апарати (БПЛА) на сьогодні знаходять широке коло застосування: моніторинг параметрів навколишнього середовища, моніторинг диких тварин і людської життєдіяльності, моніторинг надзвичайних ситуацій, трекінг цілей, доставка товарів і т.ін. Останнім часом з'являються спроби застосовувати БСМ і БПЛА навід у телекомунікаціях. Зокрема компанією Nokia було проведено тестування дронів для оптимізації мерережимобільного оператора у місцях масового скупчення людей (стадіони, спортивні ігри тощо), віддаленої інспекції мобільних веж, планування лінії прямої видимості радіорелейних ліній зв'язку [1]. Разом із зростанням кількості дронів їх застосування виникають сумужні проблеми –безпека повітряного руху, віддалене управління і моніторинг польоту. Так компанією Nokia в рамках програми «Dronesforgood» було запропоновано систему моніторингу і управління польотами дронів із використанням LTEмережі [2]. Разом із ростом застосувань зростає і кількість наукових математичних задач, які потребують вирішення, зокрема планування оптимальної траєкторії польоту дронів, що мінімізує їх енерговитрати, чому і присвячена дана стаття.

При наявності групи БПЛА збір інформації з віддалених сенсорів можливо шляхом організації безпроводової сенсорної мережі із ретрансляцією (маршрутизацією) сигналів через мережу повітряних ретрансляторів, розташованих на БПЛА. Детально це розглядалося в [3]. Однак при цьому необхідною вимогою є повне радіо покриття сенсорів повітряними ретрансляторами (маршрутизаторами), що не завжди доцільно та не завжди вдається на практиці. Тому в даній роботі пропонується здійснювати збір інформації за допомогою одного БПЛА, що послідовно облітає всі сенсори, зчитує з них дані (коли знаходиться в зоні взаємної радіо видимості), запам'ятовує їх і «скидає» в пункт спостереження при поверненні в початкову точку. Це дасть змогу заощадити на кількості БПЛА, однак при цьому суттєво знизиться оперативність отримання інформації. Тому виникає необхідність пошуку такого маршруту польоту БПЛА, що дозволить послідовно зчитати дані з усіх сенсорів та мінімізує сумарно пройдений шлях та відповідно паливні витрати БПЛА.

Здійснимо математичну постановку задачі. Нехай задано множину сенсорів $S = \{x_i, y_i\}, i = \overline{1, N}$, де N – кількість сенсорів, розміщених випадковим чином на площині (зоні спостереження) заданого розміру r з координатами (x_i, y_i) . Нехай БПЛА переміщується у просторі на постійній висоті h з постійною швидкістю v по деякому маршруту M , що характеризується множиною опорних точок простору з координатами проєкції на земну поверхню $\{x_j, y_j\}, j = \overline{1, K}$, де K – кількість точок в маршруті. Вважатимемо, що між точками маршруту БПЛА переміщується по прямолінійній траєкторії, а перша і остання точки співпадають та мають координати $(0,0)$. Нехай БПЛА утворює на земній поверхні зону

стабільного радіо покриття радіусу R . Вважатимемо, що при наявності сенсора в зоні стабільного радіо покриття БПЛА, тобто при $(x_i, y_i) \in R$, миттєво відбувається зчитування даних моніторингу за певним протоколом взаємодії (наприклад, IEEE 802.15.4). Позначимо сумарний шлях, пройдений БПЛА по маршруту, через S .

Тоді можна сформулювати наступну постановку задачі: знайти такий маршрут польоту БПЛА (сукупність точок $\{x_j, y_j\}, j = \overline{1, K}$), який дозволяє в довільній послідовності покрити всі сенсори зоною радіо покриття радіусу R і при цьому мінімізувати сумарний шлях S . Математично це можна записати так:

$$M^0 = \underset{\substack{\{x_j, y_j\} \in R \\ \{x_i, y_i\} \in R \\ R \ll r}}{\operatorname{arg\,min}} S \quad (1)$$

При збігу точок маршруту БПЛА з точками розміщення сенсорів, тобто при $i=j$, дана задача представлятиме класичну геометричну задачу про комівояжера та може бути вирішена одним з відомих методів комбінаторної оптимізації (методи пожедливих алгоритмів, метод гілок і границь, метод повного перебору та ін.). Однак із зростанням кількості сенсорів поліноміально зростає складність та відповідно час вирішення задачі. Для вирішення цієї проблеми в роботі [15] запропоновано метод рекурсивного повного перебору, що дозволяє вирішувати задачу до 1000 вузлів за прийнятний час. Також для вирішення поставленої задачі можуть бути застосовані стандартні методи переміщення пошуково-рятувальних засобів (кораблів, літаків, вертольотів) при виконанні пошукових операцій на морі або на суші – паралельні галси або квадрат, що розширюється (рис.1).

Однак рішення, отримані цими методами, будуть не завжди оптимальними. Наприклад, метод слідування по всім точкам розташування сенсорів буде неефективним при великій кількості вузлів, а пошукові методи будуть явно поступатися при малій кількості сенсорів. Отже виникає необхідність їх вдосконалення. Це можливе шляхом застосування певних евристичних підходів. Наприклад, буде доцільно слідувати не по всім точкам розташування сенсорів, а групувати сенсори по радіусу зони покриття БПЛА і слідувати по центрах тяжіння цих груп. Таким чином ми будемо вирішувати ту ж саму задачу комівояжера, але меншої розмірності, заощаджуючи при цьому час розв'язання та пройдений БПЛА шлях.

Таким чином, удосконалений метод пошуку маршруту польоту БПЛА матиме наступний порядок:

1. Розбиття сенсорів на групи по радіусу зони покриття БПЛА, застосовуючи пожедливий підхід – послідовний відбір груп з максимальною кількістю сенсорів, що покриваються зоною радіо покриття БПЛА радіусу R .

2. Визначення центрів тяжіння груп сенсорів:

$$x_{0j} = \frac{\sum_{i=1}^{N_j^{\max}} \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^{N_j^{\max}} \alpha_i}, \quad y_{0j} = \frac{\sum_{i=1}^{N_j^{\max}} \alpha_i y_i}{\sum_{i=1}^{N_j^{\max}} \alpha_i}, \quad (x_i, y_i) \in R \quad (2)$$

де $\alpha_i = 1/N^{\max}$, N^{\max} – кількість сенсорів максимальної групи. Також зазначимо, що $\sum_{i=1}^{N_j^{\max}} \alpha_i = 1$.

3. Вирішення задачі комівояжера на множині точок $\{x_{0j}, y_{0j}\}$, наприклад, методом рекурсивного повного перебору із застосуванням програмного забезпечення Commis Voyageur, розробленого автором роботи [15].

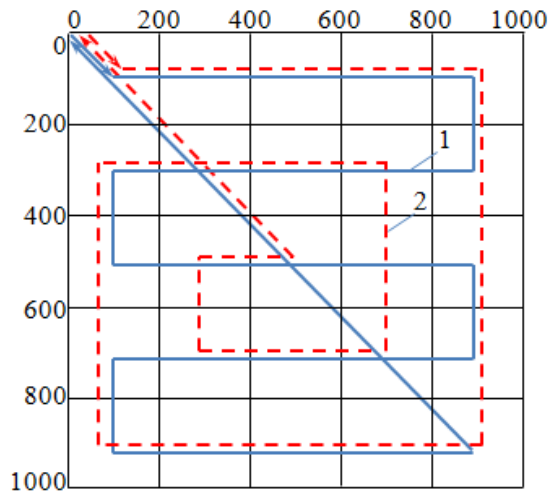


Рис. 1. Схеми пошуку: 1 – паралельні галси, 2 – квадрат, що розширюється

Проведено оцінку ефективності удосконаленого методу у порівнянні з методом слідування по всім сенсорам і методами пошуку (паралельні галси та квадрат, що розширюється).

Нехай задано вихідні дані: зона спостереження розміром $r = 1000 \times 1000$ м; радіус зони стабільного радіо покриття $R = 200$ м; координати точок розміщення сенсорів $\{x_i, y_i\}, i = \overline{1, N}$, де $N = 1 \dots 100$, задають випадковим чином.

Використовуючи зазначені дані було побудовано маршрути польоту БПЛА методом слідування по всім сенсорам та удосконаленим методом слідування по центрам тяжіння груп сенсорів, як показано на рис.2. Маршрути польоту згідно методів пошуку будуть незмінними в залежності від кількості сенсорів і відповідатимуть схемам, вказаним на рис.1. Результати розрахунку сумарно пройденого шляху S від кількості сенсорів N згідно зазначених методів наведено на рис.3. Залежність кількість точок в маршруті K від кількості сенсорів N при різних методах збору інформації наведено на рис.4.

Результати моделювання (рис.3) свідчать, що при малих значеннях N метод слідування по всім сенсорам і удосконалений метод слідування по центрам тяжіння мають майже однакові результати через малу кількість груп. Однак із зростанням кількості сенсорів значну перевагу (до 17-23%) має удосконалений метод за рахунок збільшення кількості груп і відповідно зменшення кількості точок в маршруті (рис.4). При великій кількості вузлів (більше 60-70) доцільніше застосовувати один з методів пошуку.

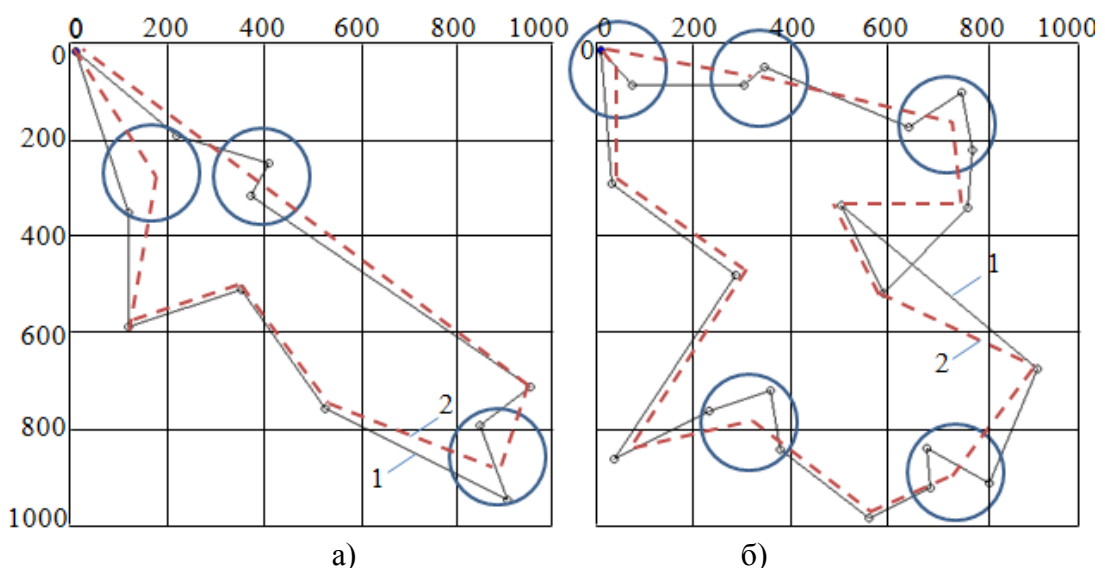


Рис. 2. Маршрути польоту БПЛА згідно методу слідування по всім сенсорам (1) і методу слідування по центрам тяжіння груп сенсорів (2) при $N=10$ (а) та $N=20$ (б)

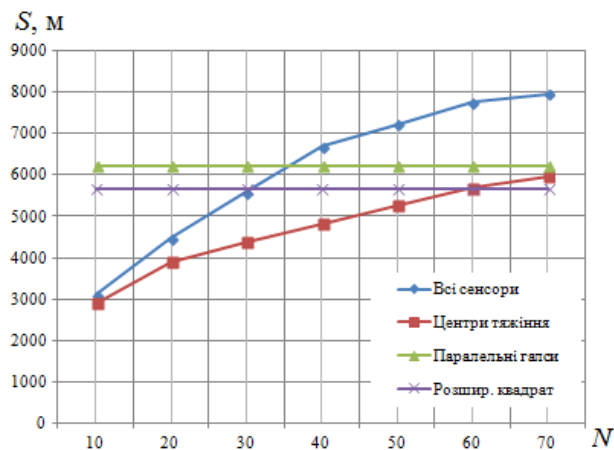


Рис.3. Графік залежності сумарного пройденого шляху S в залежності від кількості сенсорів N при різних методах збору інформації

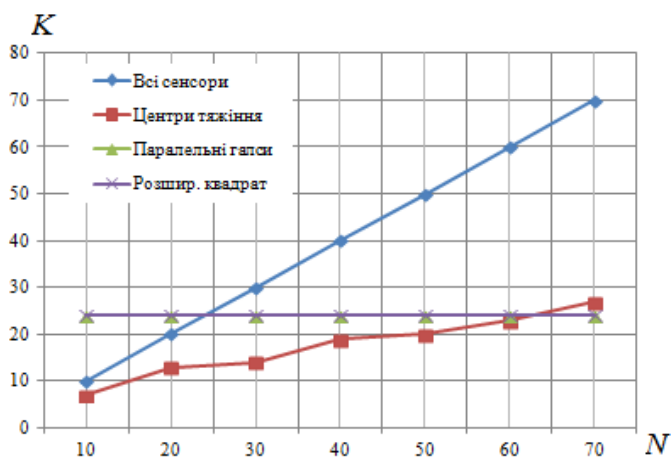


Рис.4. Графік залежності кількості точок в маршруті K в залежності від кількості сенсорів N при різних методах збору інформації

ЛІТЕРАТУРА

1. Drones PoC in telecom – du & Nokia joint initiative. <http://www.mobileworldlive.com/featured-content/home-banner/nokia-networks-du-deploy-drones-test-network-performance/>
2. Nokia “Drones for good” proposal. <https://www.dronesforgood.ae/>
3. Lysenko O.I., Valuiskyi S.V. Capacity increasing of sensor telecommunication networks / O.I. Lysenko, S.V. Valuiskyi // Telecommunication Sciences. – 2012. – vol. 3. – № 1. – P. 5–11.

Н.М. Бендасюк
аспирант

А.И. Лысенко
д.т.н., проф.,
Институту телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАНОСПУТНИКОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация. В научной статье проводится обзор методов проектирования малых космических аппаратов (наноспутников). Соответственно, рассмотрены основные критерии и методы решения задач проектирования. Основное внимание посвящено обзору международного формата проектирования наноспутников который был разработан для сокращения времени разработки, уменьшения стоимости создания модели, для активного поощрения молодых специалистов ко всем этапам работ по проектированию, созданию и использованию наноспутника. Рассмотрены задачи использования малых КА, их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: методы проектирования, критерии проектирования, наноспутник.

Bendasiuk N.
PhD student

Lysenko O.
Ph.D., prof.,
Institute of telecommunication systems NTUU "KPI"

OVERVIEW OF THE METHODS OF DESIGN NANOSATELLITES

Annotation. This research article outlines the design methods of small space modules (nanosatellites). Consequently, the main criteria and problem solving techniques of the design have been examined. The primary focus is on the overview of the international format for the design of nanosatellites which was developed in order to decrease the model production time and cost, as well as encourage young experts to engage in all stages of design, production and use of the nanosatellite. A number of problems have been examined regarding the use of small space modules, including their advantages and disadvantages.

Keywords: design methods, design criteria, Nanosatellite.

Введение. Уже много лет жители нашей планеты постоянно слышат о все новых и все более совершенных аппаратах, которые мощными ракетами забрасываются в околоземное пространство, чтобы там, в условиях абсолютного холода и вакуума, вращаясь вокруг Земли на заданных орбитах, выполнять предназначенную для них работу.

Искусственные спутники Земли (ИСЗ) прочно вошли в жизнь человеческого сообщества. ИСЗ широко используются и в мирных и в военных целях. Каждый знает о спутниковом телевидении, спутниковой радиосвязи, об использовании спутников в разведке природных богатств Земли, об использовании спутников в метеорологии – это далеко не полный перечень использования ИСЗ на благо человека. Слышим мы также сообщения о размещении на спутниках военного снаряжения, о спутниках – шпионах.

Анализ исследований и публикаций. Задачи, решаемые космическими аппаратами (КА), определяют: выбор орбиты, состав бортовой аппаратуры, способ ориентации и стабилизации, принципы организации связи с наземными пунктами и т.д. В настоящее время наиболее распространенными видами КА являются космические аппараты дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), навигационные системы (Глонасс, GPS, Galileo), системы связи (Гонец, Iridium, Globalstar и др.), научные автоматические КА (Фотон/Бион), орбитальные станции (Международная космическая станция), пилотируемые и межпланетные КА. Принципы построения этого многообразия КА различны. Одним из способов сокращения экономических затрат, сроков создания и запуска КА является их унификация, которая осуществляется по отношению к определенному классу аппаратов. В связи с этим важной задачей является определение важнейших отличительных признаков КА и проведения классификации по этим признакам. Следует отметить, что в настоящее время ни одна из возможных классификаций не может считаться завершенной, окончательной и полной.

Постановка задания. Какими бы методами не решалось проектирование, в любом случае проектирование имеет направленное действие. А именно проектирование направлено на создание определенного предмета, который включает в себя производство, сбыт, потребление.

Практически любой проект по созданию малого спутника требует минимизации расходов на его проектирование и эксплуатацию. Существенная экономия этих расходов имеет место при правильном выборе проектных характеристик спутника, а также оптимизации его систем на начальной стадии проектирования. При этом очень важно суметь правильно оценить состав и характеристики системы определения ориентации и стабилизации, а это, в свою очередь, трудно сделать без моделирования. При этом большую роль играет математическое и компьютерное моделирование.

Изложение основного материала

Существует большое количество методов проектирования. Они отобраны по определенным критериям.

Первый критерий. Эффективность. С помощью этого критерия проектировщик получает более ценные результаты, чем на основе традиционных методов здравого смысла. Предполагается, что проектировщик сталкивается с непривычной проблемой, требующей новаторства. Эти проблемы решаются следующими методами: мозговой штурм, трансформация системы, проектирование новых функций, проектирование нововведений путем смещения границ и т.д.

Второй критерий. Соответствие. Это методы, относящиеся к видам деятельности проектировщика, а именно, дивергенция, трансформация, конвергенция. В данном разделе используется поиск необходимой литературы, анкетный опрос, стоимостный анализ.

Третий критерий. Удобство. К ним относятся такие методы как проектирование системы человек-машина, метод поиска границ, метод оценки надежности и т.д.

Четвертый критерий. Известность. Эти методы относятся к проблемам управления и сбыта в не меньшем значении, чем к проектированию. Этот критерий учитывает различные аспекты проблемы создания искусственной среды.

Пятый критерий. Критика. Методы, входящие в этот критерий на первый взгляд позволяют преодолеть все трудности проектирования, но на самом деле имеют множество недостатков.

Это такие методы как: стратегия упорядоченного поиска, исследование структуры проблемы посредством определения компонентов, ранжирование и взвешивания и т.д.

Большинство проектируемых спутников представляет собой сборочные единицы. Фактически они представляют собой некоторую иерархическую структуру, на разных уровнях которой находятся компоненты или детали. При этом может использоваться несколько подходов. В первом случае структура сборки получается в «автоматическом» режиме при добавлении компонентов в сборку («снизу вверх»); во втором – разработка начинается с моделирования структуры сборки («сверху вниз»), за которым следует постепенное наполнение сборки геометрией ее компонентов; третий подход представляет собой комбинацию первых двух. Методология «снизу вверх» достаточно удобна при создании

моделей сборок относительно простых изделий с малым количеством компонентов, когда все изменения в сборке отслеживаются одним-двумя конструкторами. Однако при росте числа компонентов возникают значительные трудности, связанные со сложностью согласования геометрии компонентов в сборке. Поэтому в таком случае рекомендуется использовать подход «сверху вниз», постепенно детализируя форму и состав изделия.

В последнее десятилетие отмечается значительный рост числа запусков космических аппаратов, масса которых не превышает 10 кг, так называемых пико (до 1 кг) и наноспутников (от 1 до 10 кг). Традиционно такие спутники используются для обучения и отработки новых технологий, однако сфера их применения постоянно расширяется. Важную роль в этом направлении играет стандарт «CubeSat», в соответствии с которым выполнено большинство подобных спутников. Появление стандарта «CubeSat» связано с необходимостью решения одной из важнейших проблем подготовки специалистов в космической отрасли — проблемы проведения практических занятий. С одной стороны, практические работы по созданию и эксплуатации реальных, пусть даже простейших, спутников могли бы существенно повысить уровень подготовки будущих специалистов. С другой стороны, такие работы требуют значительного времени и попросту не вписываются в учебные планы, а необходимые для этого финансовые средства слишком велики даже для бюджетов крупнейших учебных центров. Поэтому исходные посылки предложенной в 1999 г. профессором Стэнфордского университета (США) Р.Твиггсом концепции создания спутников «CubeSat» заключались в следующем [6]:

- создавать спутник за короткий период (1–2 года);
- стоимость создания спутника должна быть меньше 50 тыс. долл.;
- активно привлекать студентов, аспирантов и молодых специалистов на всех этапах работ по проектированию, созданию и использованию спутника.

В результате развития этой концепции специалистами из Стэнфордского университета и Калифорнийского политехнического института были созданы стандарт на пикоспутники «CubeSat» и устройство для их интеграции с ракетой-носителем (РН) P-POD (Poly Picosatellite Orbital Deployer).

Рассмотрим положения стандарта CubeSAT. Стандарт накладывает массогабаритные ограничения на аппарат, определяет рекомендованные к использованию материалы и правила взаимодействия с устройством интеграции с ракетой-носителем (пусковым контейнером P-POD). Остальные характеристики аппарата устанавливаются разработчиком. По стандарту КА должен иметь кубический алюминиевый корпус с размерами $10 \times 10 \times 10$ см³ и массой не более 1,33 кг [4]. Такой спутник называется CubeSAT 1U (single unit). Стандартом предусматривается создание аппаратов большего размера - 2U, 3U ($10 \times 10 \times 20$ см³ и $10 \times 10 \times 30$ см³ соответственно).

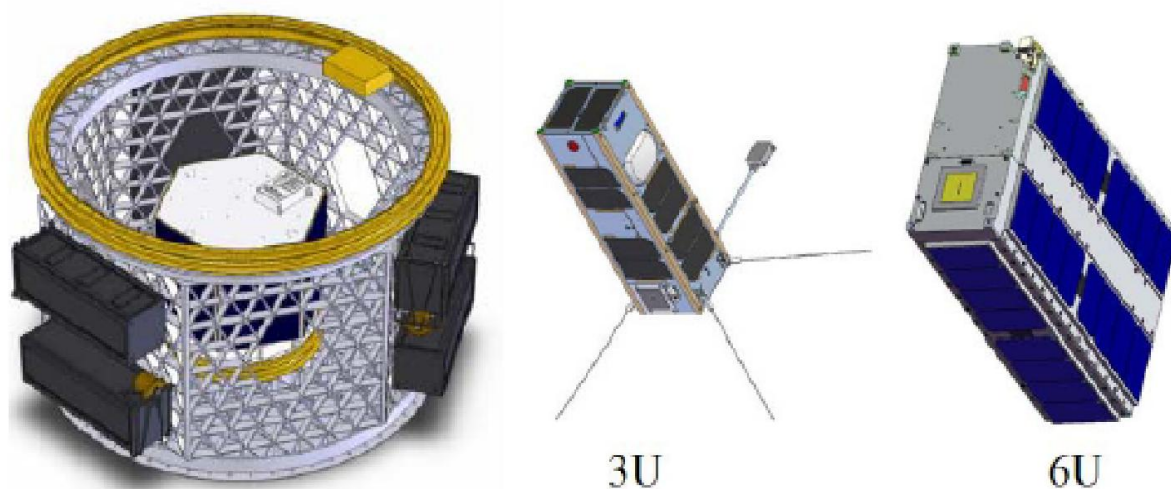


Рис. 1. Крепление P-POD к адаптеру РН и компоновки CubeSAT 3U и 6U [7]

Для запуска КА общим размером 3U было разработано стандартное устройство P-POD (рис. 1) для интеграции с ракетоносителем [5]. Возможны варианты иной компоновки КА (рис. 1): 6U (30*20*10 см³), 9U...NU, для запуска которых используются нестандартные контейнеры [6]. Вывод на орбиту данных КА производится либо в качестве попутной нагрузки на легких и средних ракетносителях (РН), либо с борта международной космической станции. КА класса CubeSAT запускаются в качестве попутной нагрузки к более тяжелым аппаратам [1].

Спутники «CubeSat» благодаря своей относительной дешевизне и скорости в разработке являются хорошей платформой для исследования новых подходов в космической технике, позволяющей демонстрировать инновационные технические и технологические решения. Учитывая эти преимущества, в проектах «CubeSat» активное участие принимают коммерческие фирмы (в частности, Boeing и Aerospace Corporation). Аprobация в условиях космического пространства среди прочего позволяет получить дополнительную рекламу, что особенно важно для небольших компаний, специализирующихся на высокотехнологичной продукции. Нередко аппаратура служебных систем подобных спутников впервые проходит аprobацию в условиях космического пространства, и в этом смысле также выступает в роли полезной нагрузки.

Выводы. В ряде случаев результаты, полученные для традиционных спутников, без должного обоснования переносились на малые спутники. Ряд вопросов функционирования спутников типа «CubeSat» нуждается в дополнительном исследовании. Это относится, в частности и к анализу.

«CubeSat» представляют собой прекрасный полигон для проведения экспериментов, а образовательная направленность создания подобных спутников позволяет исследовать проблемные вопросы широким кругом специалистов.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Атанов С. К. Проектирование многоспутниковых группировок на базе сверхмалых космических аппаратов [Электронный ресурс] / Евразийский нац. ун-т им. Л. Н. Гумилева. URL: <http://repository.enu.kz/handle/123456789/1020>
2. Бумагин А., Гулин Ю. Специализированные СБИС для космических применений: проблемы разработки и применения // Электроника: наука, технология, бизнес. 2010. № 1. С. 50-56
3. Храмов Д. А. Миниатюрные спутники стандарта CubeSat // Космічна наука і технологія. 2009. № 3 (15). С 20-31.
4. *Standard "CubeSat"*. [CubeSat Design Specification]. California, USA, ver.13, 20.02.2014. Available at: http://2.cubesat.org/images/developers/cds_rev13_final.pdf
5. Chin A. [et al.] Standardization Promotes Flexibility: A Review of CubeSats' Success [Электронный ресурс].
6. PuigSuari J., Turner C., Twiggs R. J. CubeSat: The Development and Launch Support Infrastructure for Eighteen Different Satellite Customers on One Launch // 15th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, Logan, Utah, August 13–16, 2001. — Logan, 2001. — SSC01VIIIb5.
7. Gunter's Space Page, CubeSat [Электронный ресурс]. URL: http://space.skyrocket.de/doc_sat/cubesat.htm.
8. Ханов В. Х., Шахматов А. В., Чекмарёв С. А. Сетевой бортовой комплекс управления малым космическим аппаратом // Современные проблемы радиоэлектроники. Красноярск : Изд-во СФУ, 2014. С 253-256.
9. Вологдин Э. Н., Лысенко А. П. Радиационные эффекты в интегральных микросхемах и методы испытаний изделий полупроводниковой электроники на радиационную стойкость : учеб. пособие. М. : Центр Интерация, 2002. 46 с.
10. Блискавицкий А. А., Кабаев С. В. Операционные системы реального времени (обзор) // Мир компьютерной автоматизации: встраиваемые компьютерные системы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mka.ru/?p=40774>

11. Попов В. И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов : учеб. пособие. М. : Машиностроение, 1986. 184 с

References:

1. Atanov S. K. [Designing multisatellite groupings based on nano-satellites]. *Jevrazijskij natsional'nyj universitet im. L. N. Gumileva*. 2012, no. 6. (In Russ.). Available at: <http://repository.enu.kz/handle/123456789/>
2. Bumagin A., Gulin Ju. [Specialized ASIC for space applications: problems of development and application]. *Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes*. 2010, no. 1, p. 50-56 (In Russ.).
3. Hramov D. A. [Miniature satellites of "CubeSat" standard]. *Kosmichna nauka i tehnologija*. 2009, vol. 15, no. 3, p. 20-31 (In Russ.).
4. *Standard "CubeSat"*. [CubeSat Design Specification]. California, USA, ver.13, 20.02.2014. Available at: http://2.cubesat.org/images/developers/cds_rev13_final.pdf (accessed 11.10.2014).
5. Chin A., Coelho R., Brook L., Nugent R., Dr. Jordi Puig Suari. Standardization Promotes Flexibility: A Review of CubeSats' Success. Available at: http://2.cubesat.org/images/More_Papers/flexibility.pdf (accessed 14.10.2014).
6. PuigSuari J., Turner C., Twiggs R. J. CubeSat: The Development and Launch Support Infrastructure for Eighteen Different Satellite Customers on One Launch // 15th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, Logan, Utah, August 13–16, 2001. — Logan, 2001. — SSC01VIIIb5.
7. Gunter's Space Page, CubeSat [Электронный ресурс]. URL: http://space.skyrocket.de/doc_sat/cubesat.htm
8. Hanov V. H., Shahmatov A. V., Chekmarjov S. A. [Network board systems to control of small spacecrafts]. *SFU "Sovremennye problemy radioelektroniki"*. 2014, p. 253-256 (In Russ.).
9. Vologdin Je. N., Lysenko A. P. *Radiatsionnye jeffekty v integral'nykh mikroshemakh i metody ispytaniy izdelij poluprovodnikovoj jelektroniki na radiatsionnuju stojkost'*. [Radiation effects in integrated circuits and methods of testing semiconductor electronics products to radiation resistance]. Moscow, Centr Interacija Publ., 2002, 46 p.
10. Bliskavitskii A. A., Kabaev S. V. [Operation system of real time (reweiw)]. *Mir komp'yuternoj avtomatizatsii: vstraivaemye komp'yuternye sistemy* (In Russ.) Available at: <http://www.mka.ru/?p=40774>.
11. Popov V. I. *Sistemy orientatsii i stabilizatsii kosmicheskikh apparatov*. [Orientation and stabilisation systems for spacecrafts]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986, 184 p.

Gusynin A.V.

cand.tech.sci., associate professor,
National Technical University of Ukraine "KPI"

Tachinina O.

National Aviation University, Ukraine

E-mail: tachinina@rambler.ru

Chekanova I., Lysenko O., Alekseeva I.

National Technical University of Ukraine "KPI", Ukraine

E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com

Chumachenko S.

Ukrainian Scientific Research Institute of Civil Protection, Ukraine

E-mail: s_chum@ukr.net

**THE SYSTEM OF INJECTION OF SUBMINIATURE SATELLITES
(NANOSATELLITES) TO NEAR-EARTH ORBIT
ON THE BASIS OF AN-124-100 AND AN-225 AIRPLANE**

Abstract. In paper the task solution for multicriterion optimization by control launch into orbit of multimode aerospace system in given terminal conditions is considered. The mathematical apparatus of differential-and-taylor transformations of functions and method of scalar convolution on nonlinear scheme of compromises are applied. The offered approach does not require numerical integration of equations of object trajectory motion and allows analytic solution of problem. Comparison of simulation results of aerospace system launch into orbit with multicriterion and terminal control is conducted.

Keywords: Optimization, Aerospace Systems, Differential Transformations, Motion Control, Multimode Vehicles

А.В. Гусинін

к.т.н., доцент,
Національний Технічний Університет України «КПІ»

О.М. Тачиніна

к.т.н., доцент,
Національний авіаційний університет, Україна

І.В. Чеканова

к.т.н., старший науковий співробітник

О.І. Лисенко

д.т.н., проофесор

І.В. Алексєєва

к.ф-мат. н., доцент
Національний технічний університете України «КПІ»

С.М. Чумаченко

д.т.н., старший науковий співробітник
УкрНДІЦЗ

**СИСТЕМА ВИВЕДЕННЯ ЗНАДТОМАЛИХ СУПУТНИКІВ (НАНОСУПУТНИКІВ)
НА ОКОКЛОЗЕМНУ ОРБИТУ НА БАЗІ ЛІТАКІВ АН 124-100 та АН-225**

Анотація. У статті розглянуто розв'язок задачі багатокритеріальної оптимізації керування виведенням бааторежимної авіаційно-космічної системи на

орбіту в задані термінальні умови. Для розв'язку задачі застосовується математичний апарат диференціально-тейлорівських перетворень функцій та метод скалярної згортки частинних критеріїв за нелінійною схемою компромісів. Запропонований підхід не потребує численого інтегрування рівнянь траєкторного руху об'єкту та припускає аналітичний розв'язок проблеми. Проведено порівняння результатів моделювання виведення АКС на орбіту із застосуванням багатокритеріального та термінального управління.

Ключові слова: *оптимізація, авіаційно-космічні системи, диференціальні перетворення, керування рухом, багаторежимні літальні апарати*

А.В. Гусынин

к.т.н., доцент,

Национальный Технический Университет Украины «КПИ»

Е.Н. Тачина

к.т.н., доцент,

Национальный авиационный университет

И.В. Чеканова

к.т.н., старший научный сотрудник

А.И. Лысенко

д.т.н., профессор

И.В. Алексеева

к. ф-мат. н., доцент,

Национальный технический университет Украины «КПИ»

С.Н. Чумаченко

д.т.н., старший научный сотрудник,

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

СИСТЕМА ВЫВЕДЕНИЯ СВЕРХМАЛЫХ СПУТНИКОВ (НАНОСПУТНИКОВ) НА ОКОЛОЗЕМНУЮ ОРБИТУ НА БАЗЕ САМОЛЕТА АН-124-100 И АН-225

Аннотация. В статье предложен способ выведения наноспутников на околоземную орбиту на базе самолета Ан-124-100 и АН-225 позволяющий снизить стоимость запуска и увеличить доступность данного способа в сравнении с «классическими» ракетами-носителями для выведения спутников.

Также в статье рассмотрено решение задачи многокритериальной оптимизации управления выведением многорежимной авиационно-космической системы на орбиту в заданные терминальные условия. Для решения задачи применяется математический аппарат дифференциально - тейлоровских преобразований функций и метод скалярной свертки частных критериев по нелинейной схеме компромиссов. Предложенный подход не требует численного интегрирования уравнений траекторного движения объекта и допускает аналитическое решение проблемы. Проведено сравнение результатов моделирования выведения АКС на орбиту с применением многокритериального и терминального управления.

Ключевые слова: оптимизация, авиационно-космические системы, дифференциальные преобразования, управление движением, многорежимные летательные аппараты

Introduction.

Beginning of the third millennium coincided with a new stage of development of technologies of miniature spacecraft: micro- and nano-satellites. Nano-satellites (nanosatellites, nanosats) are spacecraft with a mass from 1 kg to 10 kg, the size of 1U (10*10*10 cm), 2U (10*10*20 cm) and 3U

(10*10*30 cm), designed to solve simple and important tasks. Nanosatellites will be used for remote sensing, environmental monitoring, earthquake prediction and study of the ionosphere.

The time of individual breakthroughs and first successful experiences of small satellites building is over. The main task today is the insertion of nanosatellites into orbit. The cluster launches of subminiature satellites on large launch vehicles have inherent disadvantages.

It is proposed to launch nanosatellites as a payload on the basis of An-124-100 airplane, which is used as a mobile launch pad to launch the SS-24 light class solid-propellant launch vehicle (LV). The airplane with LV placed in cargo compartment will take off from a conventional airfield and lift to a height of about 20 km, where with the help of air-launcher including transporter-erector-launcher (TEL) and parachute system.

The LV located on the TEL starts to move on the floor equipment (rollers) under the parachute forces towards the cargo door as a result of preparations for the dropping operations related to cargo door opening, activation of control systems, etc. The belts binding the LV and TEL or other devices are disconnected at the moment of physical separation from the airplane.

Using own solid-propellant engine (during the initial stage of the flight) and from force of inertia afterwards the LV with the launch container including nanosatellites, goes to a height of about 600 km which is targeted for dropping a payload in the form of miniature satellites. Following this the TEL lands by means of parachute in a predetermined position and is ready for further (multiple) use. The nanosatellites are installed on the platform inside the container and are pressed to the cover by springs.

The electric pulse from the LV activates the release mechanism of the cover that rotates 170° and a nanosatellite is separated along the guide rails by spring mechanism to predetermined speed, which is determined by the used spring and nanosatellite weight. A small payload is separated due to the magnetic-impulse drive with capacitive energy storage.

The proposed project is best suited to existing and other potential limitations owing to launching from airplane using customers' aerodromes and air space.

Fundamentals of business. The injection of subminiature satellites (nanosatellites) into near-earth orbit on the basis of An-124-100 airplane:

- allows to reduce significantly the launch cost and increase the availability of this method in comparison with the classic satellite launch vehicles;
- simplifies the preparation of nanosatellites launch (the customer waits for vacancy in launch vehicles from a few months to several years when the conventional launch vehicles are used);
- induces mass use of general-purpose small satellite due to low cost of launch.

The project involves the wide use of existing practices and technology.

Existing markets of launching. Market of launches is a relatively new and dynamic sector of the world market of high-technology services. Ukraine controls almost 10% of the international launch market. Euroconsult research company (Paris) expects that the market of space launches will increase significantly next 10 years. The experts note that the expansion of space capabilities of developing countries, in particular India and China, will favor to reduce the price of the spacecraft production services, thereby increasing the demand for launch services for the injection of nanosatellites into near-earth orbit.

Target customer profile. The target customers interested in existing practices and techniques for injection of subminiature satellites (nanosatellites) into near-earth orbit are: Ministries and Departments as well private and public corporations-manufacturers of satellites up to 10 kg, institutes from all over the world, research laboratories and various centers, who need to inject small size spacecraft into near-earth orbit to continue research, experiments and remote sensing the Earth, environmental monitoring, earthquake prediction, ionosphere study, nonterrestrial objects and space study, human possibilities expansion and access to space for millions of worldwide people.

In addition, large groups of nanosatellites in the future will enable to solve complex tasks requiring more accurate and quality data about our planet and space around.

A new advanced application is usage of nanosatellites as a platform for nanotechnology experiments, nano-components and materials testing. Nanosatellites with small size and weight are simple and cheap means of scientific research in the short-range space.

Sizes and rate of growth of the target markets. The market size is determined by number of customers. All existing (and future) launch vehicles are evaluated according to a common criterion of efficiency – by cost for orbital injection of one kilogram of payload. Nowadays the unit cost of injection into orbit varies from 10,000 to 20,000 \$ per one kg of payload. This is a major constraint for further development (extension) of the market. According to some estimates, the market of nanosatellites injection into orbit could reach \$ 2.5 billion by 2018.

Currently nanosatellites injections into orbit are carried by conventional launch vehicles. PolyITAN-1 nanosatellite (Ukraine, about 1 kg in weight and 10*10*10 cm by size), created in Kiev Polytechnic Institute, was injected into near-earth orbit by Dnepr launch vehicle (Ukraine) with the aid of the launching containers with 33 nano-satellites, created by scientists from 17 countries. The launch was made from Yasny launch facility at 23:11 local time, June 19, 2015. There are no competitors in the market of Ukraine for nanosatellites injection into orbit on the basis of An-124-100 airplane.

The indirect competitors to launch nanosatellites into orbit are Celestia Aerospace company (Spain, it intends to get to nano-satellites market by development, production and launch of nano-satellites on demand), companies from the United States and Russia (SoyuzStart-H centre of nanosatellites launch services). The nano-satellites are injected by means of launch vehicles requiring a lot of time and costs.

Strategy. In order to gain a foothold in the world market the basis of the strategy should be consistent position to increase investment in new quality production.

To promote the product to the world markets both regional and the concentrated sharing space technology markets, the formation and use of the new global business strategies, various and multifaceted marketing strategies are characteristic features.

It is supposed to use the innovative marketing strategies, to study in-depth types and forms of the world market, its operation environment, to analyze recent research and publications, dynamics of development and functioning of the world's space launches, to study scientific and technological level of design, trends of global competitiveness transforming.

In order to expand successfully our participation in international cooperation and world space projects, as well to increase in future the share of Ukraine space products at the world market, it is necessary also to investigate the basic factors, trends and characteristics that affect the criteria of formation and relationship of functioning of launch markets.

The proposed method of nanosatellites launching into orbit on the basis of AN-124-100 airplane is planned to implement by government customers interested in using the existing developments with subsequent entering to the world space market.

Investigations in the field of perspective vehicles creation for payload launch into Earth orbit are conducted in many countries of the world. One of the perspective direction of investigations is development of the conception of air launch of carrier rocket (CR) that have variety of advantages as compared with launch from Earth [1].

At development of the conception of CR air launch the great attention gives to double-stage aerospace systems (AS) which consist of the reusable first stage and the expendable second stage. As the first stage launch aircrafts (LA) are used: subsonic transport airplane, supersonic fighters and hypersonic booster airplane. As the second (orbital) stage (OS) are used carrier rocket of space vehicles, rocket packs and orbital planes.

At application as OS of space carrier are considered three main variants of their arrangement: under the fuselage, inside the fuselage and above the fuselage of LA. Today operated only AS "Pegasus" based on the carrier "Lockheed L-1011" [2] with arrangement of space carrier under the fuselage (see Fig. 1). Known AS projects which used as carrier the modified transport planes AN-124 (AS "Oril" with arrangement of space carrier inside of the fuselage, as shown in Fig.2), AN-225 (AS "Svitjaz" and "MAKS" with arrangement of carrier rocket above the fuselage, as shown in Fig. 3-4) [3].



Figure 1 – Aerospace system «Pegasus» [2]

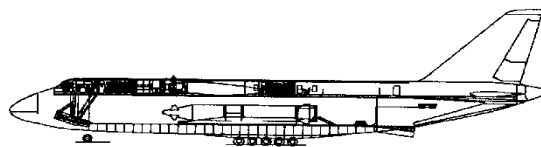


Figure 2 – Aerospace system «Oril» based on the plane AN-124 [3]

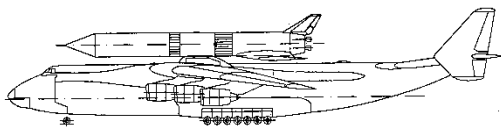


Figure 3 – Aerospace system «Svitjaz» based on the plane AN-225 [3]

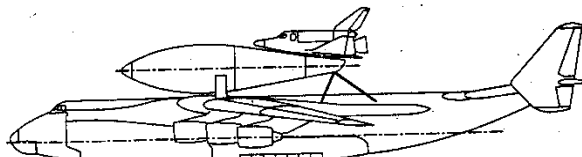


Figure 4 – Aerospace system "MAKS" based on the plane AN-225 [3]

There are also projects that use supersonic and hypersonic booster planes [1,3-5]. Aerospace system creation demands the variety of problem resolution, one of which is providing of OS launch into given orbit.

Features of the control process by launch into orbit of multimode aerospace system. Launch into orbit is one of the most important stages of aerospace system flight. The process of controlled ascent is multimode, which starts after separation of orbital stage from carrier and engines start of OS first stage and is characterized by different operation modes of OS propulsion system and by sudden change of vehicle mass at the moment of its stages separation and jettison of fairing.

Feature of the given process is that on the all stages of ascent the OS flight happens with operated rocket engines which provided OS acceleration and achievement by it of given motion parameters at the end of each ascent stage. Thus, at each stage of the flight is necessary to take into account the possibility of special situation that may be caused by changes in engines operation mode and control system. The second feature is the presence of restrictions on the maximum allowable value of longitudinal load factor, on allowable maximum value of product of the angle of attack on the velocity head. Also is necessary to maintain as possibly low heat and aerodynamic loads, take into account the effect of environmental turbulences. All these features cause the high requirements to the quality of OS control system.

The conception of the launch trajectory optimization. Nominal ascent trajectory should be built with taking into account all restrictions and features, which are mentioned above. As a result, the task of continuously correction of ascent trajectory in real time on the OS board is putted. According to [6], the task of the OS launch to the orbit is a terminal control task. The basic its demand is to lead the object to the given terminal state with maximum accuracy at nominal flight conditions. At that, should be taking into account the existing control resources, fuel availability and also meet different physical restrictions that applied on the parameters of motion and control of OS. This is lead to necessity of multicriterion task solution of terminal control by process of multimode AS launch into orbit.

Constant correction of each trajectory stage on the AS board on maximum criteria of payload, maximum ascent time, fuel consumption, terminal condition errors, reduction of terminal and aerodynamic payload, should be realized in real time.

The solution of task optimization of launch trajectory more generally led to formidable two-point boundary problem. Influence of external disturbance on the aerospace system demands realization of correction process during whole phase of launch.

Many projects of perspective aerospace systems use the conception of nominal trajectory correction and stabilization of aerospace system in the feedback around the nominal trajectory [7]. This conception realizes in the control loop the sequential regular correction of nominal trajectory. The problem of such launch conception is that sequential optimization on segments and not take into account the terminal nature of control task. In result, errors in terminal conditions may exceed the allowable limits. According to [8], the main difficulty is caused by the computational cost for solving of such tasks, which are exponentially dependent from dimension of space variables and linearly dependent from dimension of the vector criterion. Therefore, the task of terminal algorithms development for multimode aerospace system launch into orbit in real time is a formidable task.

For the purpose of elimination these problems appropriate is to apply the conception based on optimization in real time of "pliable" trajectories family, which provides transfer of multimode aerospace system to the given terminal condition and realization of given requirements and restrictions without return the aerospace system on the nominal trajectory [9]. If under influence of disturbances the aerospace system is deviated from the nominal trajectory, but occurred on other trajectory which satisfied given terminal conditions and accepted restrictions, that no necessity to return the aerospace system on the nominal trajectory and may continue launching the aerospace system on the current trajectory. If disturbed trajectory is not satisfied the terminal conditions and accepted restrictions, that is energy favorable to transfer the aerospace system on the nearest trajectory which satisfied these requirements than realize its return on the nominal trajectory.

Numerical methods of trajectory optimization. Trajectory optimization problems for flight vehicles, including multi-criteria optimization problem, are solved mainly with application of traditional numerical optimization methods. In recent papers in this area, including [10,11], was provided an overview of existing methods and algorithms of trajectory optimization for flight vehicles, analyzed their advantages and disadvantages, and reviewed their application. Also were considered the trajectory optimization problem for some types of flight vehicles.

Using the necessary optimality conditions for trajectory optimization of flight vehicle leads to a formidable two-point boundary value problem and the impact of parametric perturbations and the environment, that require continuous trajectory optimization in real time. In addition, application of traditional numerical methods for solving optimization problems are associated with the control algorithm synthesis as a time function and requires for its implementation of the numerical integration of the differential equations of trajectory motion of aerospace system. This results to high computational complexity and, in some cases, imposes certain restrictions on their application.

An alternative is a numerically-analytical optimization method, based on application of differential transformation of functions and equations, which was proposed by Pukhov G.E. [12] and Zhou J.K. [13].

An analysis of existing development state of differential transform method, its modifications and applications has been conducted [14].

In papers [15,16] a general formula has been proposed for calculation of differential transformation components for analytical nonlinear terms. After that obtained components have been used to obtain solutions for Astrophysics problems, which are described by nonlinear differential equations.

In paper [17] the differential transform method was used for obtaining the analytical solution of simplified equations of rocket motion. Obtained results were compared with the numerical solution of rocket motion equations by using the Runge-Kutta 4th order method.

In papers [18-21] the differential transform method applied for solution of different tasks and for optimization of motion control of multimode vehicles.

For application of mentioned above conception for optimization of launch trajectory below the mathematical apparatus of differential transformation of functions and equations is proposed to use. The given approach allows considerably reduce the volume of computation, which is necessary for simulation of optimal control processes [12]. At that, appears the possibility to convert the problem

of synthesis of terminal control to the solution of the system of nonlinear equations without numerical integration and differentiation of the equations of aerospace system motion control.

In papers [22,23] the basics of application of apparatus of differential transformations for simulation of terminal control tasks and ascent trajectory optimization are developed. In [7,24,25] this approach in application to control optimization by launch into orbit of multimode aerospace system authors are proposed to apply. Taking into account of object multimode is achieving here in the following way. The motion trajectory of multimode aerospace system is divided into segments and their boundaries are corresponded the moments of changes of engine operation modes of aerospace system, sudden change of vehicle mass at the moment of OS stages separation and jettison of fairing and moments of attainment of trajectory or control on restrictions. At that supposed that given time intervals are prescribed and inside their parameters of the aerospace system and parameters of launch trajectory have no sudden changes. To the each of intervals the optimization of launch process is applied in the form [23]. The overall trajectory is restored by segments with conjugation of boundary conditions [19].

In this paper, the considered approach is applied to the task solution of multicriterion optimization by launch into orbit of multimode aerospace system.

Problem statement of optimal control synthesis. Let's consider the task of multicriterion optimization of launch process by multimode aerospace system into orbit. According to mentioned above approach whole control process of multimode vehicle motion is conditionally divided into P given time intervals, inside which parameters of the vehicle and power conditions have no sudden changes and all changes in the form of given springs happen at boundaries of given time intervals

$$T_i = t_i - t_{i-1}, \quad i = \overline{1, p}, \quad \sum_{i=1}^p T_i = T,$$

where T is the control process time.

Then, as shown in [23], for each of P segments we can apply of optimization of control process in form. At the same time, the overall trajectory is restored by segments with conjugation of boundary conditions.

Mathematical model of trajectory motion of multimode vehicle at each motion segment we shall present as the vector differential equation:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(t, x_i, u_i, v_i), \quad x_i(t_{i-1}) = x_i^0, \quad i = \overline{1, p}, \quad (1)$$

where $x_i = x_i(t)$ is n -measurement of state vector; u_i is m - measurement of control vector; v_i is q - measurement vector of turbulences; f is continuous and continuously differentiable on plurality variable t, x_i, u_i, v_i the vector function of generalized force, $t \in (t_i - t_{i-1})$.

The conjugation boundary (terminal) and starting conditions of segments of the process of control motion are set in the form of given border of requirements:

$$\varphi_i[x_i(T_i), x_{i+1}^0; u_i(T_i), u_{i+1}^0; T_i] = 0, \quad i = \overline{1, p}. \quad (2)$$

The task of terminal control consists in the dynamic object transfer (1) from the given initial state $x_1(t_0)$ to final state $x_p(T)$, which is determined in the point of time $t = T$ by q -measurement ($q \leq n$) vector equation:

$$S[x_p(T), T] = 0. \quad (3)$$

The quality of terminal control process of dynamic object (1) is estimated by plurality of partial criteria, which are given by functionals:

$$I_j = G_j[x_p(T), T] + \sum_{i=1}^p \int_{t_0}^T \Phi_{ij}(t, x_i, u_i, v_i) dt,$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, r, \quad (4)$$

where the given functions G_j and Φ_{ij} have continuous partial derivatives on x_i, u_i, v_i . Partial criteria (4) are components of r -measurement vector criterion $I = (I_1, I_2, \dots, I_r)$, which is restricted by admissible domain $I \in \Omega(I)$. Each component of the vector criterion I is described by functional (4), which are determined from the solution of vector differential equation (1) at control from the class of admissible controls U .

Multicriterion problem of optimal control synthesis of multimode objects consists in determination of extremals

$$\{x^*(t), u^*(t)\}, u^* \in u, I \in \Omega, t \in [t_0, T],$$

that for given differential constraints, Eq. 1 and boundary condition (3) optimize the vector functional I . We shall consider that partial criteria type (4) is selected such that vector criterion components are minimized and admissible domain of their changes defined by set of constraints:

$$C_j \leq I_j \leq 0, \quad j \in [1, r], \quad (5)$$

where C_j determines the upper limit of admissible value of component I_j of vector criterion I .

The mathematical model, (1)-(5), allows taking into account constraints on vectors of state and control during the selection process of functional type(4) and setting of conditions (3).

Multicriterion optimization. The task of multicriterion (vector) optimization consists in finding of optimal solution among of all quality criteria, which are characterizing the object behavior. Investigated object features are often contrary to each other and improvement of one from partial criteria not rarely causes of worsening of other partial criteria. In result appears numerous directions of task solutions of vector optimization.

According to the first model [26] the multicriterion task (1)-(5) puts to optimization of linear form of vector criterion components with constant weight coefficients:

$$I_1 = \sum_{j=1}^r \alpha_j I_j, \quad (6)$$

where $\alpha_j \geq 0, \sum_{j=1}^r \alpha_j = 1$.

In the case of criterion application in form (6) occurs the problem of choosing of weight coefficients $\alpha_j, j = \overline{1, r}$. This results to certain difficulties at control optimization by systems of big dimension.

In methods, which are concerned to the second direction, determines the ideal (utopian) point in the space of quality criteria and introduces the norm in this space [26]. Each functional (4) is optimized separately from others on differential constrains (1) and boundary conditions (3). As a result, obtains r optimal controls, which are characterized by vectors $u^{(j)} (j = \overline{1, r})$ for each partial criterion. These optimal controls are corresponded to functional values (4) $I_j^0(u^{(j)})$, $j = \overline{1, r}$, which are coordinates of the ideal (utopian) point. Then puts the task of minimization of generalized norm:

$$I_2 = \left[\sum_{j=1}^r [I_j(u) - I_j^0(u^{(j)})]^L \right]^{\frac{1}{L}}, \quad L \geq 1. \quad (7)$$

at differential constrains (1) and boundary conditions (3).

The expression (7) at $L = 1$ presents a linear combination of vector components $I(u) - I^0(u)$. In case $L = 2$, the expression (7) matches up with Euclidean norm $\|I(u) - I^0(u)\|$ and at $L = \infty$ is converted to shape:

$$\max_j \{I_j(u) - I_j^0(u^{(j)}) \mid j = \overline{1, r}\}$$

In special case puts the problem of minimization of sum of squares of relative deviation of function (4) from its optimal values:

$$I_3 = \sum_{j=1}^r \left[\frac{I_j(u) - I_j^0(u^{(j)})}{I_j^0(u^{(j)})} \right]^2 \quad (8)$$

In this case the multicriterion task (1)-(5) puts to minimization of function (8) at differential constrains (1) and boundary conditions (3), and control vector is chose from the condition of minimization of squared distance from point which is corresponded in the space of criteria by chose vector control to ideal (utopian) point. Multicriterion task solution on the model (1)-(5), (8) does not demand preselection of weight coefficients α_j , as it necessary at applications of criterion (6). But it is enough laborious and is characterized by high computation complexity, as demands of Γ task solutions of optimal control (1)-(5) on each partial criteria I_j with purpose of determination of coordinates of ideal point $\{I_1^0(u^{(1)}), I_2^0(u^{(2)}), \dots, I_r^0(u^{(r)})\}$ and additional task solution of minimization of function (8) at condition(1), (3) for determination of optimal vector control.

As the third direction of solution of multicriterion optimization considers the scalar convolution of partial criteria on nonlinear scheme of compromises [26]. In this case not needed of weight coefficients selection that needed in methods of first direction and not demands the solution of $r + 1$ optimization tasks, which are needed for realization of methods of second direction.

The multicriterion task (1)-(5) puts to solution of one task of expression optimization [27]:

$$J_4 = \sum_{j=1}^r \frac{\alpha_j}{\left(1 - \frac{I_j}{C_j}\right)^{\beta_j}}, \quad (9)$$

where are given constants $\alpha_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^r \alpha_j = 1$, $\beta_j \geq 0$. The given scalar convolution at $\beta_j = 1$, $j = \overline{1, r}$ gives at minimization the solution which belongs to Pareto set [26]. Choosing the required vector $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r)$ can be obtained any point from the set of Pareto-optimal solutions.

In a special case of equal significance of partial criteria (4) and all constants $\beta_j = 1$, $j = \overline{1, r}$ mentioned above scalar convolution we can present in the simplest form and solve a task of functional optimization

$$J = \sum_{j=1}^r \frac{1}{\left(1 - \frac{I_j}{C_j}\right)}. \quad (10)$$

This is essentially simplified the solution of task optimization and on the base of differential transformation allows to convert the problem of synthesis of multicriterion control to the solution of the system of finite equations [7,26,27].

The other important property of scalar convolution (6) is its adaptability to changes of control vector u during optimization. In the case of approaching of one of partial criteria I_j to the upper boundary C_j of permissible values (5) the scalar convolution (10) realizes the action of Tchebyshev (minimax) operator on this partial criteria, prevents the condition breakdown (5). Otherwise, the scalar convolution (10) in limits (5) acts equivalent to operator of integral optimality with different degree of smoothing of partial criteria. Worsening of one of partial criteria is compensated by improvement of other partial criteria [36].

The solution of multicriterion optimization tasks demands considerable computation cost at realization in real time since their computation cost is linearly dependent from dimension of vector criterion and exponentially dependent from dimension of state space [8]. Therefore, for solution of such tasks in real time is recommended to apply the nonlinear scheme of compromises [26,27]. At that, the task solution is considerable simplified in computation relation at its considerations in the image field where time argument is eliminated.

Program control $u = u(t)$, which are optimized the functional (4), implements optimum control on the open loop and guarantees execution of boundary requirements (3) in absence of activity of turbulences. Under actual condition the impact of an external environment $v_i(t)$ on the dynamics of object motion (1) can leads to considerable terminal errors at the moment of ending of control process on program $u = u(t)$. With the purpose of neutralizing these turbulences, the law of optimum by criterion (4) feedback control of the type $u = u(x, t)$ is synthesized. The given control provides translation a dynamic object (1) from initial state into final (3) subjected to turbulences.

Method of synthesis of multicriteria control optimization. Let's apply to mathematical model (1)-(5) the differential-taylor transformations [7,12].

Differential-taylor transformations allows to replace functions $x(t)$ of continuous argument t by their models in the form of discrete functions $X(k)$ of integer argument $k = 0, 1, 2, \dots$ as expression:

$$\underline{x(t)} = X(k) = \frac{h^k}{k!} \left[\frac{d^k x(t)}{dt^k} \right]_{t=t_0}, \quad (11)$$

where $x(t)$ is the original, which represents the continuous and bounded together with all its derivatives function of the real argument t ; $X(k)$ is the discrete function of integer argument k , which is termed as a differential spectra of function $x(t)$ in the point $t = t_0$; h is the scale stationary value having dimensionality of argument t ; the line below is the transformation character.

The mathematical models, which obtained on the basis of differential transformations (11) will term as spectral models. Later on, we assume that the time functions describing the control processes in task (1)-(4) within each motion segments are analytic.

Synthesis of optimal control with feedback can be executed by the method of closure of optimal program control $u = u(t)$ for an arbitrary current state $x(t)$ of dynamic object [23]. At the first stage of synthesis we shall consider an undisturbed object motion. Select inside each segment of trajectory motion the program control in the class of analytical functions $u_i(\tau, A_i)$, where $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$ is the vector of free parameters, τ is the local time argument. Differential

transformations (11) of function $u_i(\tau, A_i)$ are determined at $h = T_i$ and $\tau = 0$ its differential spectrum as:

$$\underline{u}_i(\tau, A_i) = U_i(k, A_i) = \frac{T_i^k}{k!} \left[\frac{d^k u_i(t_{i-1} + \tau, A_i)}{dt^k} \right]_{\tau=0}. \quad (12)$$

Differential equation (1) in the images field on the basis of transformations (11) is written as the following spectral model:

$$X_i(k+1, A_i, X_i^0) = \frac{T_i}{k+1} f_i \left[T_i, X_i(k, A_i, X_i^0), U_i(k, A_i) \right], \quad (13)$$

$$X_i(0) = X_i^0(A_{i-1}, A_{i-2}, \dots, A_1); X_1(0) = X_1^0 = x_0; i = \overline{1, p}$$

Let's take the property of the differential transformations, according to which the algebraic total of all discretized differential spectra of any analytical function in point $t = t_v$ is equal to zero discrete of a differential spectrum of function in point $t_{v+1} = t_v + h$ or value of the original of function in the same point:

$$\sum_{k=0}^{\infty} X_v(k) = X_{v+1}(0) = x(t_v + h) \quad (14)$$

From the obtained relation (14) at $t_v = t_{i-1}$ and $h = T_i$ we determine a state vector at the end of each control segment:

$$x_i(T_i, A_i, x_i^0) = \sum_{k=0}^{\infty} X_i(k, A_i, X_i^0), \quad i = \overline{1, p} \quad (15)$$

Then the equation of the final state of the all control process. Equation (3) in view of the expression for conjugation of boundary and initial segments (2), and also the expression for a state vector at the end of each segment of ascend (15) is conversed as followed:

$$S[A_1, A_2, \dots, A_p] = 0 \quad (16)$$

The given terminal condition in the implicit shape define Q -components of vectors of free parameters $A_i, i = \overline{1, p}$. Remaining components of vectors of free parameters are determined from the stationary conditions of the functional (4).

The differential transformations (11) of functional (4) with taking into account of differential spectra (12) and (13) allow presenting the given functional as the function of vectors of free parameters A_i :

$$I_j(A_1, A_2, \dots, A_p) = G_j[A_1, A_2, \dots, A_p, T] + \sum_{i=1}^p T_i \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Phi_{ij} [T_i, X_i(k, A_i, X_i^0), U_i(k, A_i)]}{k+1}. \quad (17)$$

Substituting equation (17) into (10) gives the scalar function:

$$J(A_1, A_2, \dots, A_p) = \sum_{j=1}^r \frac{1}{1 - \frac{I_j(A_1, A_2, \dots, A_p)}{C_j}} \quad (18)$$

The necessary requirements [28] of an optimality of function (18) enable to receive the system of equations for determining remaining of unknown components of vectors of free parameters A_1, A_2, \dots, A_p .

$$\frac{\partial J(A_1, A_2, \dots, A_p)}{\partial a_{ik}} = 0, \quad i = \overline{1, p}, \quad k = \overline{1, N_i} \quad (19)$$

The obtained system $N = \sum_{i=1}^p N_i$ of the nonlinear equations (16) and (19) in the implicit shape defines components of a vector of free parameters $A = (A_1, A_2, \dots, A_p)$ as functions from a vector of an arbitrary initial state $x_0 = x_i(t_0)$. On the found vector A determines optimal on many criteria the control $u^*[t, A(T, x)]$. The question of consistency of equations (16), (19) is considered in following paper [8].

At the second stage of synthesis is considered the disturbed motion of dynamic object (1), which permanently declines from the optimum program trajectory. In this case, compromise control $u^*[t, A(T, x)]$ is continuously calculated from the system of equations (16) and (19) for current values of time t and state $x(t)$ of dynamic object. This is allowing to form the closed law of terminal control in the form $u = u(t, x)$. The solution of system of equations (16) and (19) for each current instant t and state $x(t)$ of dynamic object, subjected to turbulence, continuously sets control $u(t, x)$, linking current state $x(t)$ of dynamic object with terminal conditions (3).

In the closed circuit of dynamic object control (1) only the current value of control $u[t, A(T, x)]$ will be utilized, which in the following instant is calculated using system of equations (16) and (19). It provides "pliable" adaptation of optimum trajectory of dynamic object motion to the action of unknown turbulence factors $v(t)$.

The basic advantage of the proposed approach consists in that it is established in the implicit form (16) and (19) nonlinear link of multicriterion control $u[t, A(T, x)]$ with the vector of current state $x(t)$. It allows for forming control on the feedback from the parameters of a trajectory motion of multimode vehicles.

Results. As example was conducted the mathematical simulation of launch process on the given altitude of multimode aerospace system "Oril" with synthesized on mentioned above method of multicriterion algorithm of control. In the launch process was endured restrictions on overload and allowable maximum value of product of the angle of attack on the velocity head, and also provided nonexceedance of allowable values of heat and aerodynamic loads. Simulation results was compared with similar results at using algorithm of trajectory control by aerospace system on the launch segment with using forecast model [29].

Comparison of obtained results shows that application of multicriterion control algorithm allows to reduce the velocity head on 12%, heat flow on 26%, temperature on aerospace system surface on 4% and provides the similar high launch accuracy in given conditions. This positive effect achieves due to slightly increasing of fuel consumption as compared to terminal algorithm.

Conclusion. The task of multicriterion optimization of terminal launch control of multimode aerospace system into orbit is considered. The approach to task solution based on application of mathematical apparatus of differential-and-taylor transformations of functions and equations and the method of scalar convolution on nonlinear scheme of compromises is offered. Differential-and-taylor model for control process optimization is formed. The numerical-and-analytical method for multicriterion synthesis of optimal control of launch process of multimode aerospace system into orbit is proposed. Method allows putting the problem of synthesis of closed laws of terminal control to solution of system of nonlinear equations without numerical integration or differentiation of equations of trajectory object motion and allows analytical problem solution.

References

1. Gusynin V.P., Gusynin A.V., Krashanitsa U.A. (2003), "Double-stage aerospace system of horizontal launch", Kharkiv, KhAI, 133 p.
2. Pegasus® User's Guide (2015), Orbital ATK, 90 p.
3. Gusynin A.V. (2010), "Air launch systems of carrier rocket lightweight class", *Research bulletin of NTUU KPI*, no.1, pp. 140-145.
4. Matushenko I.U., Makeeva I.V. (2009), "Innovative development mechanism of rocket-and-space complex of Ukraine in the condition of global economic crisis", *Business Inform*, no.10, pp. 40-52.
5. Kobelev V.N., Milovanov A.G. (2009), "Launch vehicle of spacecraft", Moscow, RESTART, 520 p.
6. Batenko A.P. (1984), "Terminal control systems", Moscow, Radio and communications, 160 p.
7. Zbrutskiy O.V., Gusynin V.P., Gusynin A.V. (2010), "Differential T-transformations in automated control tasks of vehicles", Kyiv, NTUU KPI, 176 p.
8. Popov N.M. (1989), "Concerning of computation cost evaluation of multicriterion optimization", *Computation complexes and complex system simulation*, Moscow, MGU, pp. 142-152.
9. Gusynin V.P., Gusynin A.V., Tachinina H.M. (2008), "Control optimization of launch into orbit of multimode aerospace system on the base of differential transformations", *Problems of informatization and control*, vol. 2(24), pp. 32-39.
10. Yong E.M., Chen L., Tang G.J. (2008), "A survey of numerical for trajectory optimization of spacecraft", *J. Astronaut*, no.29(2), pp. 397-406.
11. Huang GuoQuing, Lu Yuping, Nan Y. (2012), "A survey of numerical algorithms for trajectory optimization of flight vehicles", *Sci.China Tech. Sci.*, vol.55, no.9, pp. 2539-2560.
12. Puhov G.E. (1980), "Differential transformations of functions and equations", Kyiv, Naukova dumka, 419 p.
13. Zhou J.K. (1986), "Differential transformation method and its application for electrical circuits", Huzhang University Press.
14. Bervillier C. (2012), "Status of the differential transformation method", *Applied Mathematics and Computation*, vol.218, iss.20, pp.10158-10170.
15. Ebaid A., Arabia S. (2012), "On a general formula for computing the one-dimensional differential transform of nonlinear functions and its applications", *Proceeding of the American Conference on Applied Mathematics*, Harvard, Cambridge, USA, pp. 92-97.
16. El-Zahar E. (2012), "Approximate analytical solutions for singularly perturbed boundary value problems by multi-step differential transform method", *J. of applied sci.*, vol. 12, iss. 19, pp. 2026-2034.
17. Gorji M., Ganji D., Hatami M., Hasanpour A., Hossein A. (2013), "Launching Process for Variable-Mass Rockets by Series Solution", *J. of Mechanical Engineering and Technology*, vol.1, iss.1, pp.13-20.
18. Simonyan S.O., Avetisyan A.G. (2010), "Applied theory of differential transformation", Erevan, Chartaraget, 361 p.
19. Gusynin A.V. (2011), "Multicriteria optimization of motion control of multimode aerospace systems", *Technology of instrument-making*, no.2, pp. 3-5.
20. Gusynin A.V. (2015), "Optimization model of multistage vehicle control based on differential transformation", *Information processing systems*, vol.8(113), pp.77-81.
21. Gusynin V.P., Gusynin A.V., Zamirets Y.O. (2015), "Application of differential transformation for algorithm synthesis of multistage terminal control by flying vehicle", *Research bulletin of AMC*, no.2(10), pp. 24-34.
22. Baranov V.L., Uruskiy O.S., Baranov G.L. (1995), "Simulation of terminal control tasks by method of differential transformations", *Electronic simulation*, vol.17, no.2, pp.12-16.
23. Uruskiy O.S., Baranov V.L. (1996), "Synthesis of closed laws of terminal control based on differential transformations", *Electronic simulation*, vol.18, no.3, pp.3-8.
24. Gusynin V.P. (1999), "Numerical-analytical method of control synthesis of multimode aerospace system launch into orbit", *Proceedings of Kyiv institute of military air*, vol.7, pp.31-38.

25. Gusynin V.P., Baranov V.L., Gusynin A.V. (2001), "Synthesis of Control of the Ascent into Orbit of Multimode Aerospace", *AAS/AIAA Astrodynamics Specialists Conference*, Quebec, Canada, pp.408-418.
26. Voronin A.N. (1992), "Multicriterion synthesis of dynamic systems", Kyiv, Naukova dumka, 160 p.
27. Voronin A.N., Ziatdinov U.K., Kozlov A.I., Chebanuk V.S. (1999), "Vector optimization of dynamic system", Kyiv, Technics, 284 p.
28. Bryson A., Yu-Chi Ho. (1972), "Applied optimal control", Moscow, Mir, 544 p.
29. Uruskiy O.S. (1990), "Algorithm of control trajectory of composite object on the launch segment with use of forecast model", *Equipment of aircraft*, vol. 6-7, pp. 23-25.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Gusynin V.P., Gusynin A.V., Krashanica Ju.A. Dvuhstupenchatye aviacionno-kosmicheskie sistemy gorizontal'nogo starta. – H.: HAI, 2003. – 133 s.
2. Pegasus® User's Guide. - Orbital ATK, 2015. - 90 p.
3. Gusynin A.V. Sistemy povitranogo startu raket-nosiiv legkogo klasu // Naukovi visti NTUU «KPI». – 2010. - №1. – S. 140-145.
4. Matjushenko I.Ju., Makeeva I.V. Innovacionnyj mehanizm razvitija raketno-kosmicheskogo kompleksa Ukrainy v uslovijah global'nogo jekonomicheskogo krizisa // *Biznes Inform.* - 2009. - №10. - S. 40-52
5. Kobelev V.N., Milovanov A.G. Sredstva vyvedenija kosmicheskikh apparatov. – M.: RESTART, 2009. - 520 s.
6. Batenko A.P. Sistemy terminal'nogo upravlenija. - M: Radio i svjaz', 1984. – 160 s.
7. Zbruts'kyj O.V., Gusynin V.P., Gusynin A.V. Dyferentsijni T-peretvorennia v zadachakh avtomatichnoho keruvannia rukhom lital'nykh aparativ. – K.: NTUU «KPI», 2010. – 176 s.
8. Popov N.M. Ob ocenke vychislitel'noj slozhnosti mnogokriterial'noj optimizacii // *Vychislitel'nye komplekxy i modelirovanie slozhnyh sistem.* - M.: MGU, 1989. - S. 142-152.
9. Gusynin V.P., Gusynin A.V., Tachinina O.M. Optyimizatsiia keruvannia vyvedenniam na orbitu bahatorezhymnoi aviatsijno-kosmichnoi systemy na osnovi dyferentsial'nykh peretvoren' // *Problemy informatyzatsii ta upravlinnia.* – 2008. – V.2(24). – S. 32-39.
10. Yong E.M., Chen L., Tang G.J. A survey of numerical for trajectory optimization of spacecraft // *J. Astronaut.* - 2008. - No.29(2). – P. 397-406.
11. Huang GuoQuing, Lu Yuping, Nan Y. A survey of numerical algorithms for trajectory optimization of flight vehicles // *Sci.China Tech. Sci.* – 2012. - Vol.55, No.9. - P. 2539-2560.
12. Puhov G.E. *Differencial'nye preobrazovanija funkcij i uravnenij.* – K.: Naukova dumka, 1980. - 419 s.
13. Zhou J.K. *Differential transformation method and its application for electrical circuits.* - Hanzhang University Press, 1986.
14. Bervillier C. Status of the differential transformation method // *Applied Mathematics and Computation.* – 2012. - Vol.218, iss.20. - P.10158-10170.
15. Ebaid A., Arabia S. On a general formula for computing the one-dimensional differential transform of nonlinear functions and its applications // *Proceeding of the American Conference on Applied Mathematics*, Harvard, Cambridge, USA. – 2012. - P. 92-97.
16. El-Zahar E. Approximate analytical solutions for singularly perturbed boundary value problems by multi-step differential transform method // *J. of applied sci.* – 2012. - Vol. 12, iss. 19. - P. 2026-2034.
17. Gorji M., Ganji D., Hatami M., Hasanpour A., Hossein A. Launching Process for Variable-Mass Rockets by Series Solution // *J. of Mechanical Engineering and Technology.* – 2013. - Vol.1, iss.1. – P.13-20.
18. Simonjan S.O., Avetisjan A.G. *Prikladnaja teorija differencial'nyh preobrazovanij.* - E.: Chartaraget, 2010. - 361 s.

19. Gusynin A.V. Bahatokryterial'na optymizatsiia keruvannia rukhom bahatorezhymnykh lital'nykh aparativ // Tekhnolohiia prykladobuduvannia. - 2011. - №2. - S. 3-5.
20. Gusynin A.V., Gusynin V.P., Zamirec Ja.O. Model' optimizacii mnogojetapnogo processa upravlenija letatel'nyh apparatom na osnove differencial'nyh preobrazovanij // Systemy obrobky informatsii. – 2015. - V.8(113). – S.77-81.
21. Gusynin A.V. Primenenie differencial'nyh preobrazovanij k sintezu algoritma mnogojetapnogo terminal'nogo upravlenija letatel'nyh apparatom // Visnyk AMU. – 2015. - № 2(10). – S. 24-34.
22. Baranov V.L., Uruskij O.S., Baranov G.L. Modelirovanie zadach terminal'nogo upravlenija metodom differencial'nyh preobrazovanij // Jelektronnoe modelirovanie. - 1995. – V.17, №2. - S. 12-16
23. Uruskij O.S., Baranov V.L. Sintez zamknutyh zakonov terminal'nogo upravlenija na osnove differencial'nyh preobrazovanij // Jelektronnoe modelirovanie. - 1996. – V.18, №3. - S. 3-8
24. Gusynin V.P. Chislenno-analiticheskij metod sinteza upravlenija vyvedeniem mnogorezhimnoj aviacionno- kosmicheskoj sistemy na orbitu // Zbirnik naukovih prac' Kiivs'kogo institutu vijs'kovo- povitrjanih sil. - K.: KIVPS, 1999. - Vip. 7. - S. 31-38.
25. Gusynin V.P., Baranov V.L., Gusynin A.V. Synthesis of Control of the Ascent into Orbit of Multimode Aerospace // AAS/AIAA Astrodynamics Specialists Conference. - Quebec, Canada. – 2011. - P.408-418.
26. Voronin A.N. Mnogokriterial'nyj sintez dinamicheskikh sistem. – K.: Naukova Dumka, 1992. – 160 s.
27. Voronin A.N., Ziatdinov Ju.K., Kozlov A.I., Chebanjuk V.S. Vektornaja optimizacija dinamicheskikh sistem. - Kiev: Tehnika, 1999. - 284 s.
28. Brajson A., Ho Ju-Shi. Prikladnaja teorija optimal'nogo upravlenija. - M.: Mir, 1972. - 544 s.
29. Uruskij O.S. Algoritm traektornogo upravlenija sostavnym ob'ektom na uchastke vyvedenija s ispol'zovaniem prognoz-modeli // Oborudovanie letatel'nyh apparatov. - Kiev: KVVAIU, 1990. - Vyp. 6-7. - S. 23-25.

¹С.В. Валуйський

¹О.В. Дакаєв

¹Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», e-mail: samubf@gmail.com

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПАРКОВКА

У науковій статті досліджується ідея введення в Україні систем «Інтелектуальної парковки». Описується концептуальна реалізація системи з точки зору логічної та фізичної структури. Приводиться приклад реалізації даної системи для звичайної парковки. Проведений аналіз технічного обладнання, необхідний для створення працюючого макету «Інтелектуальної парковки» та складений його список. Проаналізовано можливості подальшого розвитку та модернізації проекту.

Ключові слова: парковка, інтелектуальна система, безпроводова сенсорна мережа, датчик, RFID, NFC.

Вступ

Існуючі системи контролю та керування парковками вже давно морально застаріли та не відповідають вимогам нового часу. Варто згадати велику кількість провалів із різними проектами для парковок на території країн колишнього СРСР, та, зокрема, в Україні. Виникали різні проблеми, починаючи від корупції та недостатнього контролю, та закінчуючи самою незручністю цих систем для кінцевих користувачів. Для створення проекту «Інтелектуальної парковки» було взято найкращі закордонні розробки та об'єднано їх у одну систему, що буде виконувати різноманітні завдання.

Аналіз досліджень і публікацій

В роботах [1-3] наведено застосування інтелектуальної сенсорної техніки та безпроводових сенсорних мереж в різних галузях цивільного захисту. Подібні системи також успішно використовуються для організації банківських послуг за допомогою безконтактних платежів [4]. Різні системи парковок у ЄС та США [5] пропонують різні види функцій і представляють собою різні види обладнання – це можуть бути інтелектуальні термінали для оплати послуг паркування, мережі датчиків для моніторингу, надбудови різного виду (заправні станції для електромоблів, бездротовий доступ в Інтернет і тому подібне)[6, 7]. З огляду на проаналізовані системи паркувань, було прийняте рішення про створення окремої системи та наділення її найнеобхіднішою функціональністю.

Постановка завдання

У багатьох містах України натепер гостро встала проблема із відсутністю інтелектуальних систем паркування. Це викликає за собою інші труднощі – погіршення якості послуг, корупція, відсутність будь-яких систем контролю, відсутність зручних систем сплати за паркування та інше. Проект «Інтелектуальної парковки» покликаний вирішити ці проблеми за допомогою впровадження сучасних технологій.

В основному проект покликаний допомогти у створенні нових систем паркування, хоча він і матиме можливість бути застосованим до старих, вже існуючих парковок.

Логічна рівнева структура

Для початку, представимо логічну рівневу структуру «Інтелектуальної парковки». Вона доволі проста і складається з трьох рівнів (рис. 1).

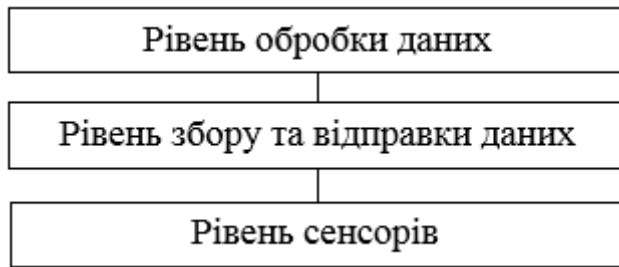


Рис. 1. Логічна рівнева структура «Інтелектуальної парковки»

Найнижчим є рівень сенсорів. В нього входять власне сенсори, котрі встановлюються на кожне індивідуальне паркомісце та сенсори для контролю доступу. Індивідуальні сенсори необхідні для того, щоб контролювати паркомісце на зайнятість та для надання спеціальних послуг (сплата, доступ в Інтернет та інші). Сенсори для контролю доступу необхідні для перевірки кожного конкретного клієнта. Вони можуть бути різноманітними, але найкраща реалізація буде за допомогою RFID елементів або технології NFC. До того ж, NFC дозволить значно розширити можливості звичайних безконтактних карток та має велику кількість переваг. Основні з них наступні:

- ідентифікація за допомогою смартфонів;
- можливість використання спеціального програмного забезпечення, котре дозволить, наприклад, бронювати місця на парковках і потім підтверджувати своє замовлення;
- можливість миттєвої безконтактної оплати;
- можливість динамічної зміни правил доступу.

Із недоліків можливо відмітити лише малу розповсюдженість даного стандарту.

Наступний рівень відповідає за збір та відправлення інформації. З точки зору сенсорних мереж даний рівень являє собою «шлюз», у який поступають дані з усіх датчиків. Його завдання – це якомога швидше збирати дані та передавати їх на сервер. Він відповідає за ідентифікацію клієнтів та інформування про стан парковки.

Останній рівень відповідає за обробку даних. Цей рівень є «серцем» парковки, оскільки він відповідає за її функціонування. Абсолютно усі дані із рівня сенсорів проходять шлюз (рівень збору та відправки) і попадають на рівень обробки, де необхідним чином обробляються та видаються клієнтам та управляючому персоналу.

Повна логічна структура

Для кращого розуміння представимо розширену логічну схему «Інтелектуальної парковки» (рис. 2).

Ця схема також розбита на рівні. Почнемо із найнижчого – рівня сенсорів. Фізично він являтиме собою розгалужену сенсорну мережу, котра складатиметься із N індивідуальних сенсорів (датчиків паркомістя), котрі будуть встановлені на кожне окреме паркомісце (рис. 3) та будуть забезпечувати перевірку наявності автомобіля на конкретному паркомісті і, можливо, деякі інші функції, які можна буде додавати у процесі розширення.

Окремо знаходиться датчик контролю доступу. Це має бути RFID або NFC зчитувач, котрий через шлюз буде з'єднаний із сервером. Він буде забезпечувати ідентифікацію та допуск клієнтів. Допуск планується організувати за допомогою шлагбаумів та парковочних бар'єрів (у випадку неогороджених парковок – лише парковочних бар'єрів), котрі управлятимуться зі шлюзу, відповідно до команд, наданих сервером у відповідь на спрацювання датчика контролю доступу.



Рис. 2. Розширена логічна структура «Інтелектуальної парковки»

Шлюз є проміжною ланкою між сервером і сенсорною мережею парковки. Він відповідає за постійний збір актуальної інформації з датчиків паркомісць. Окремою функцією є забезпечення контролю доступу, функції якого частково покладені на шлюз (детальніше алгоритм роботи буде описаний далі).

Сервер є верхнім рівнем «Інтелектуальної парковки». На нього покладається більшість функцій. Основні з них – це моніторинг стану парковки та контроль доступу. Також, сервер матиме WEB-інтерфейс, доступний для будь-якого користувача у будь-який час. Він включатиме у себе моніторинг вільного місця, можливість бронювання місця та можливість online-сплати за паркування. Функції цього інтерфейсу будуть продубльовані у спеціальних додатках для смартфонів. Ще однією функцією може бути прокладання оптимального маршруту до парковки, що може бути досягнуто модернізацією додатка для смартфонів.

Окремо варто відмітити функції віддаленого контролю та керування. WEB-інтерфейс матиме спеціальний розділ, захищений від несанкціонованого втручання. За допомогою цього розділу можна буде контролювати стан парковки та, при необхідності, коригувати певні параметри (наприклад, забороняти в'їзд деяким клієнтам). При необхідності, адміністратор зможе скористатись прямим доступом до серверу по захищеному каналу.

Приклад реалізації на звичайній парковці

Представимо малюнок із моделлю парковки та моделлю із розташуванням конкретних пристроїв (рис. 3).

Дамо пояснення аббревіатури:

- Д – датчик;
- ПБ – паркувальний бар'єр;
- П – повторювач;
- КД – контролер доступу;
- ДК – датчик контролю;

- Ш – шлюз.

Кожному паркомісцю на схемі зліва відповідає датчик із таким же номером. Поряд із датчиком розташований паркувальний бар'єр, котрий керується командами датчика (при виїзді автомобіля з паркомісця) та шлюза (при занятті паркомісця).

Повторювачі не мають ніяких специфічних функцій, вони лише підсилюють та ретранслюють сигнал від датчиків.

Контролер доступу – це комплекс, що складається із декількох частин. До нього входять датчик контролю та пропускний пристрій (шлагбаум). Обидва вони під'єднані до шлюзу.

Однією із переваг «Інтелектуальної парковки» є її розширюваність, тобто можливість додавання нових функцій. Це можливо реалізувати за допомогою тривірневої архітектури, в якій сервер виступає «серцем» системи. Також, ми можемо застосувати технологію NFC, яка також підтримує розширення.

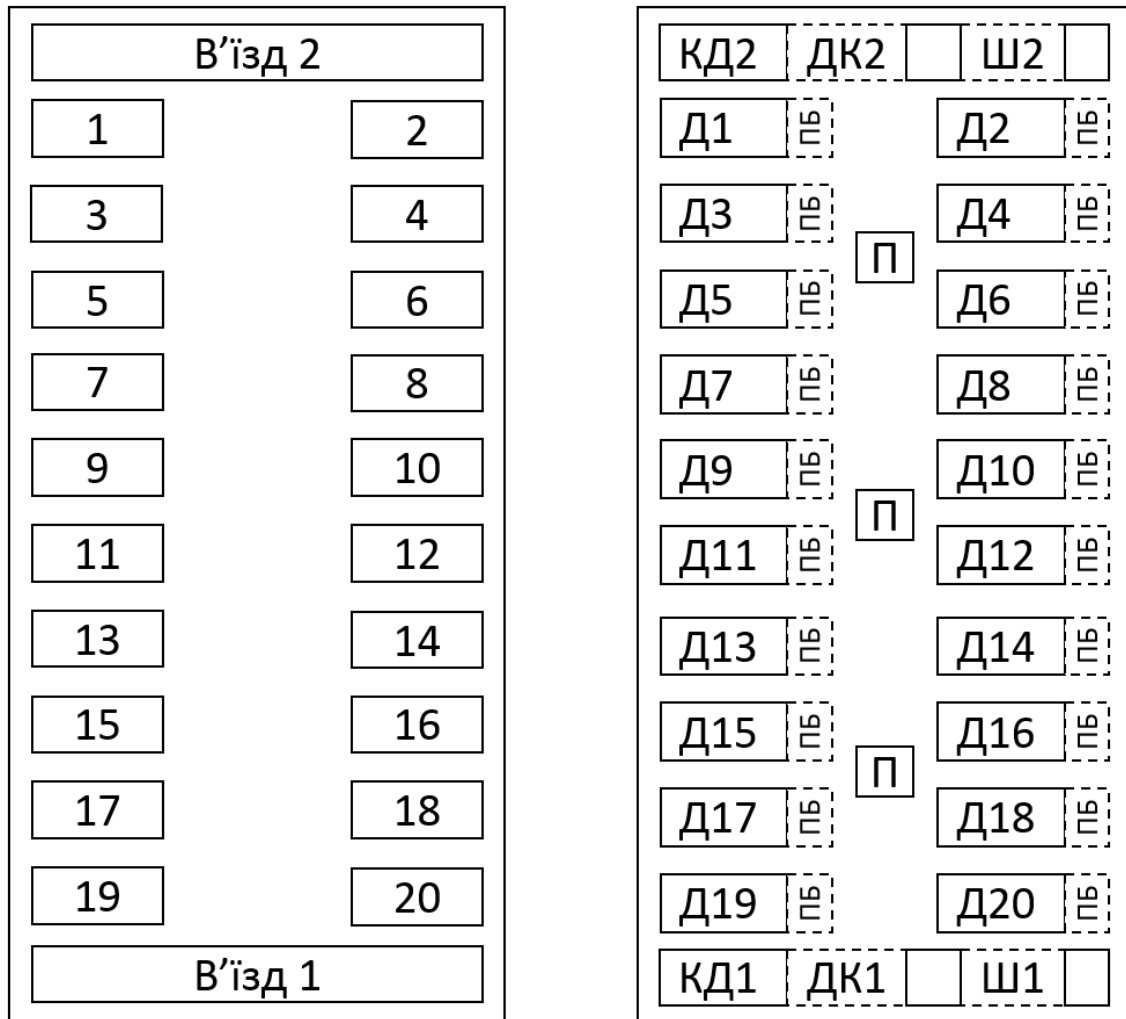


Рис. 3. Модель парковки на 20 паркомісць (зліва) та модель парковки на 20 паркомісць із розташованими пристроями (справа)

При додаванні нових функцій необхідно лише написання спеціальних керуючих програм на сервері. Це можуть бути програми для різних задач, наприклад: можливість бронювання місць, можливість online-оплати послуг паркування, пошук оптимального маршруту до парковки, online-слідкування за парковкою (наприклад, за допомогою камер спостереження або інформації з датчиків).

Алгоритм роботи

В цьому розділі опишемо повний алгоритм роботи парковки, припустивши, що клієнт бронює певне місце за допомогою WEB-інтерфейсу або додатку для смартфона.

1. Клієнт, використовуючи WEB-інтерфейс або додаток для смартфона бронює деяке місце (наприклад, місце №14) та сплачує за паркування.

2. Сервер обробляє клієнтський запит і заносить запису базу даних. Також, сервер генерує унікальний код заявки і відправляє його на смартфон клієнта, або ставить йому у відповідність код RFID картиклієнта. У WEB-інтерфейсі місце №14 позначається як «заброньоване» і можливість інших клієнтів його зайняти відключається.

3. Клієнт прибуває на парковку та використовує свій смартфон або RFID картку для авторизації.

3.1. Клієнт підносить картку до датчика контролю (RFID або NFC зчитувач).

3.2. Датчик зчитує код і відправляє його на шлюз.

3.3. Шлюз, в свою чергу, посилає запит на сервер.

3.4. Сервер отримує код RFID карти або унікальний код заявки (при використанні NFC) та шукає цей код у базі даних. У випадку, якщо код знаходиться, сервер пересилає на шлюз підтвердження. У разі, якщо код не знайдений, сервер відправляє «відбій».

3.5. Шлюз отримує команду від сервера та відповідним чином реагує. Якщо сервер надсилає підтвердження, то шлюз подає команду відкриття на шлагбаум та на відповідний парковочний бар'єр. Після того, як клієнт проїжджає, шлагбаум закривається. Якщо сервер надсилає «відбій», то шлагбаум не відкривається і клієнт отримує звукове сповіщення про помилку.

4. Клієнт займає місце №14, після чого у WEB-інтерфейс і воно позначається як "зайняте".

5. Клієнт покидає місце №14. Парковочний бар'єр автоматично піднімається та місце №14у WEB-інтерфейсі позначається як «вільне».

Опис складу макету

Для розуміння фізичної реалізації у плані застосування необхідних пристроїв, знову звернемось до рис.3, а у якості прикладу оберемо макет моделі «Інтелектуальної парковки», що наразі розробляється в Інституті телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ».

З багатьох причин, макет моделі є спрощеним не лише у плані масштабу, а й у плані функціональності. Зокрема, фізично не моделюються пристрої допуску – парковочні бар'єри та шлагбаум.

Макет складатиметься із наступних частин:

- плати Arduino (для комутації сенсорної мережі);
- 4-6 ультразвукових датчиків (у якості індивідуальних датчиків паркомісць);
- RFID-зчитувач (у якості датчика контролю);
- 4-6 модулів XBee (у якості Tx-Rx блоків для організації бездротової сенсорної мережі);
- 6-8 світлодіодів (у якості моделювання пристроїв допуску – шлагбаума та паркувального бар'єру);
- ПК або ноутбук із системою Windows(у якості шлюзу);
- сервер із ОС Debian (у якості сервера);
- спеціальне ПО для ПК/ноутбука та сервера.

Опис функціональності макету

У зв'язку з деякими обмеженнями Arduino, програмна частина буде спрощена. Планується створення WEB-інтерфесу, що складатиметься із двох частин – клієнтської та керувальної. Він буде підтримувати більшість функцій, котрі описані в даній статті (авторизація, моніторинг, віддалене керування та інше).

Авторизація в даному макеті буде здійснюватись за допомогою смарт-карт стандарту *EM4100*, котрі будуть занесені у базу даних. ПО шлюзу буде підтримувати функції видалення та додавання клієнтів у один дотик. Також, на сервері буде вестись детальний лог подій. Будуть записуватись усі переміщення клієнтів, автомобілів, статистика завантаженості парковки та інше.

WEB-інтерфейс планується зробити доступним для будь-якого користувача із доступом в Інтернет і він буде включати наступне (для клієнтів):

- актуальний стан парковки;
- моніторинг вільних місць – інтерактивна карта парковки із вказанням конкретних місць;
- авторизація користувачів;
- можливість замовити місце.

Для адміністраторів інтерфейс буде розширеним, і буде включати наступні функції:

- управління базою даних із користувачами (додавання та видалення клієнтських карток із бази);
- моніторинг стану парковки із можливістю «викинути» місця, що мають певні збої з обладнанням;
- моніторинг спроб авторизації;
- можливість примусової зміни конфігурації сервера або шлюзу.

Плата Arduino буде з'єднана із ПК (шлюзом) за допомогою СОМ-порту. В свою чергу, шлюз буде з'єднаний із сервером за допомогою Інтернету через ssh-тунель (з міркувань безпеки). Оскільки сервер буде фізично знаходитись у іншому місці, бажано використовувати високошвидкісне з'єднання для зменшення затримок. Проте, як показало вже проведене тестування системи авторизації, доцільно буде використовувати з'єднання за допомогою GPRS/EDGE, а, в перспективі, систем 3G. Вони дають значно вищу затримку, ніж високошвидкісний Інтернет, проте не вимагають прокладання кабелів, що допоможе скоротити затрати на будівництво парковки. До того ж, внесена затримка не є надто критичною при хорошому рівні сигналу.

Висновок

Проект «Інтелектуальної парковки» покликаний повністю автоматизувати системи паркування. Він володіє всіма необхідними перевагами, починаючи з повноцінного моніторингу та закінчуючи рівневою структурою, що дає потенційну можливість до подальшого розвитку проекту. Власне кажучи, «Інтелектуальна парковка» являє собою ядро системи, котре можна розширювати та доповнювати все новою і новою функціональністю. Одним із суттєвих недоліків проекту є вимога щодо постійного доступу до мережі Інтернет, за допомогою якого і буде відбуватись робота парковки. Проте, із розвитком систем мобільного зв'язку ця проблема, фактично, відпадає, оскільки доступ до мобільного Інтернету є практично у кожній точці нашої країни, а особливо – у великих містах. Також, не слід забувати, що це є певною мірою забезпечення самої парковки. Відсутність сервера на парковці унеможливить його викрадення або певні маніпуляції.

Розвиток проекту «Інтелектуальної парковки» покладе початок у оптимізації парковок у містах України. У якості подальшого розвитку функціональності можна привести приклади систем прокладання оптимальних маршрутів до парковок та на самих парковках (про що згадувалось у статті). Одним із перспективних напрямків розвитку є також альтернативна енергія. Із популяризацією електромобілів буде сенс у побудові невеликих заправочних станцій до них на парковках. Це може бути зроблено, наприклад за допомогою енергії вітру або Сонця. Такі зміни можуть зіграти серйозну роль у популяризації екологічного транспорту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисенко О.І., Нікулін О.Ф., Чумаченко С.М., Валуйський С.В. Задача оптимального розміщення сенсорів. Технології екологічного моніторингу із використанням інтелектуальної сенсорної техніки // Проблеми телекомунікацій: 8-а Міжнар. наук.-техн. конф., 22-25 квіт. 2014р. : матеріали конф. – К., 2014. – С. 53-56.
2. Gurnyk A.V. Use of intellectual sensortechnics for monitoring and search-and-rescue operations / A.V. Gurnyk, S.V. Valuisnyi // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2013. – vol.3/9(63). – P. 27-32.
3. Лысенко А.И., Валуйский С.В., Романюк А.В. Синтез рациональной топологии сенсорной радиосети // Материали 22-ї міжнародної Кримської конференції (КрыМиКо '2013) «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – 2013. – Т.1. – с. 269-270.

4. Dakayev A.V. Contact less Payments in Ukraine / A.V. Dakayev, S.V. Valuiskyi // Innovation science and technology: XII International R&D students conference, November 28, 2014. : vol.3 – P. 22-24.
5. “Tinynode – Card detection products”, Tinynode, [Online], available at: <http://www.tinynode.com> (Accessed 12 Jan 2014).
6. IPARK: Location-Aware-Based Intelligent Parking Guidance over Infrastructure less VANETs / Hui Zhao, Li Lu, Chao Song, Yue Wu // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2013. – Vol. 2012, Article ID 280515, 12 p.
7. Chris Mooney (2014), “The best idea in a long time: Cover in parking lots with solar panels”, The Washington Post, [Online], available at: <http://www.washingtonpost.com> (Accessed 28 Jan 2014).

С.В. Валуйский, О.В. Дакаев

Способ построения системы интеллектуальной парковки в городах Украины

В научной статье исследуется идея ввода в Украине систем «Интеллектуальной парковки». Описывается концептуальная реализация системы с точки зрения логической и физической структуры. Приводится пример реализации данной системы для обычной парковки. Проведен анализ технического оборудования, необходимого для создания работающего макета «Интеллектуальной парковки» и составлен его список. Проанализированы возможности дальнейшего развития и модернизации проекта.

Valuiskyi S.V., Dakaiev O.V.

The method of constructing the intellectual parking system in the cities of Ukraine

In this paper it was discovered the idea of “Intellectual parking” system in Ukraine. Conceptual realization of the system was described in terms of logical and physical structure. An example of realization this system for the regular parking was given. Analysis of technical equipment, which is needed for the working prototype of “Intellectual parking” system, was performed, and list of needed was compiled. Also, capabilities of further development was analyzed.

УДК 621.391

А.И. Лысенко
д.т.н., профессор,
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

С.В. Кашуба
Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

***Аннотация.** Беспроводные сенсорные сети применяются для решения различных задач, что связано с широким диапазоном требований к таким системам. Для удовлетворения некоторых требований наиболее эффективным может быть применение спутниковых технологий. В данной работе проведен обзор различных способов применения спутниковых каналов как части систем сбора информации от разнесенных объектов.*

Ключевые слова: *беспроводные сенсорные сети, спутниковые каналы передачи.*

О.І. Лисенко
д.т.н., професор,
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

С.В. Кашуба,
Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

***Анотація.** Безпроводові сенсорні мережі застосовуються для вирішення різноманітних задач, що пов'язано з широким діапазоном вимог до таких систем. Для реалізації деяких вимог найбільш ефективним може бути застосування супутникових технологій. У цій роботі проведено огляд різних способів застосування супутникових каналів як частини в системі збору інформації з територіально рознесених об'єктів.*

Ключові слова: *безпроводні сенсорні мережі, супутникові канали передачі.*

Lysenko O.
Doctor of Science, engineer, professor,
Institute of telecommunication systems NTUU «KPI»

Kashuba S.
Institute of telecommunication systems NTUU «KPI»

A SURVEY OF SATELLITE TECHNOLOGIES APPLICATION IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

***Annotation.** Wireless sensor networks are applied to different practical problems which results in wide range of technical requirements. It can be most effective to apply satellite technologies for*

system requirements fulfillment. Current work provides survey of different strategies of satellite links integration in distributed information collecting systems.

Key words: wireless sensor networks, satellite communication links.

Введение. Множество сфер экономической, научной и общественной деятельности требуют механизмов сбора и обработки разнородной информации с обширных территорий. При этом существуют требования к оперативной передаче (часто, в реальном времени) информации от точек ее сбора к центру обработки, а также высокой скорости разворачивания таких систем на местности.

Современные успехи в области микрoeлектронных технологий, беспроводной связи и цифровой электроники сделали возможным создание дешевых, низкопотребляющих и многофункциональных устройств, имеющих малые габариты и способных передавать данные по радиоканалу на короткие расстояния. Как правило, каждое такое устройство обладает набором датчиков, микропроцессором и радиочастотным приемопередатчиком, что позволяет реализовать различные протоколы сетевого взаимодействия между множеством аналогичных устройств – создавать так называемые беспроводные сенсорные сети (БСС) [1].

После обобщений можно определить следующие сценарии использования БСС [2]:

- мониторинг и наблюдение удаленных районов;
- связь в чрезвычайных ситуациях;
- поддержка диспетчерского управления и сбора информации об объектах наблюдения (SCADA системы);
- мониторинг важных инфраструктур;
- мониторинг окружающей среды.

На рис.1. приведена обобщенная схема построения БСС. Большое количество сенсорных узлов собирают и передают данные через беспроводной канал к одному или нескольким шлюзовым узлам. Шлюзовые узлы посылают агрегированные данные сенсоров в центр обработки данных (ЦОД).

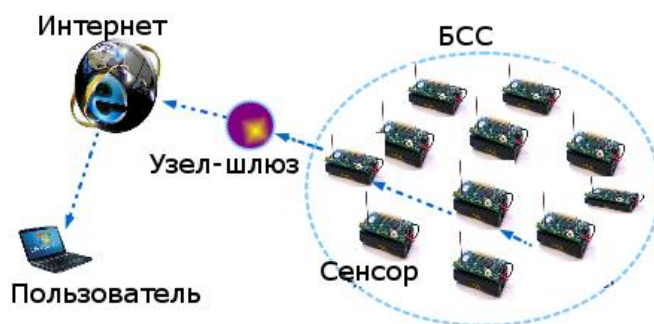


Рис.1.Обобщенная схема построения БСС.

Очень часто такие системы имеют критические ограничения по возможности использования наземных сетей передачи данных и другой инфраструктуры. В зависимости от сценария использования БСС возможен ряд причин, которые делают использование наземной связи неприемлемым: значительное расстояние между сенсорными узлами, вероятность разрушения наземных линий передачи во время стихийных бедствий и др.

Альтернативой наземной связи при решении проблемы обеспечения передачи данных от сенсоров может быть использование спутниковых систем связи (ССС). При наличии готового к использованию спутникового канала, связь может быть налажена в течение короткого промежутка времени на местности, где разворачивание других коммуникаций может занять дни или недели. Негативной стороной передачи данных через спутниковый канал является высокие требования к энергетике приемо-передающих устройств, что противоречит принципу построения сенсорных узлов типичных БСС.

Данная статья направлена на обзор и анализ различных методов использования спутниковых каналов при построении БСС. Будут рассмотрены наиболее характерные

сценарии применения БСС, при использовании спутникового сегмента в каждом из рассмотренных участков канала передачи данных от сенсоров.

Использование спутникового канала для передачи данных от шлюзовых узлов БСС. Наиболее распространённым методом использования ССС в архитектуре БСС, безусловно, является передача данных от шлюзовых узлов беспроводной сети к ЦОД. Схема такого построения сети приведена на рис.2а. Спутниковый канал не принимает участия в связи между отдельными сенсорными узлами, которые могут обмениваться данными, с использованием технологий частных беспроводных сетей (ZigBee, 6LoWPAN). Спутник используется как связующее звено между территорией разворачивания сенсорных узлов и точкой, где имеется подключение к высокоскоростным наземным коммуникациям. В работе [3] детально описано успешное применение такой сетевой архитектуры для построения БСС для сбора данных в рамках экологических исследований.

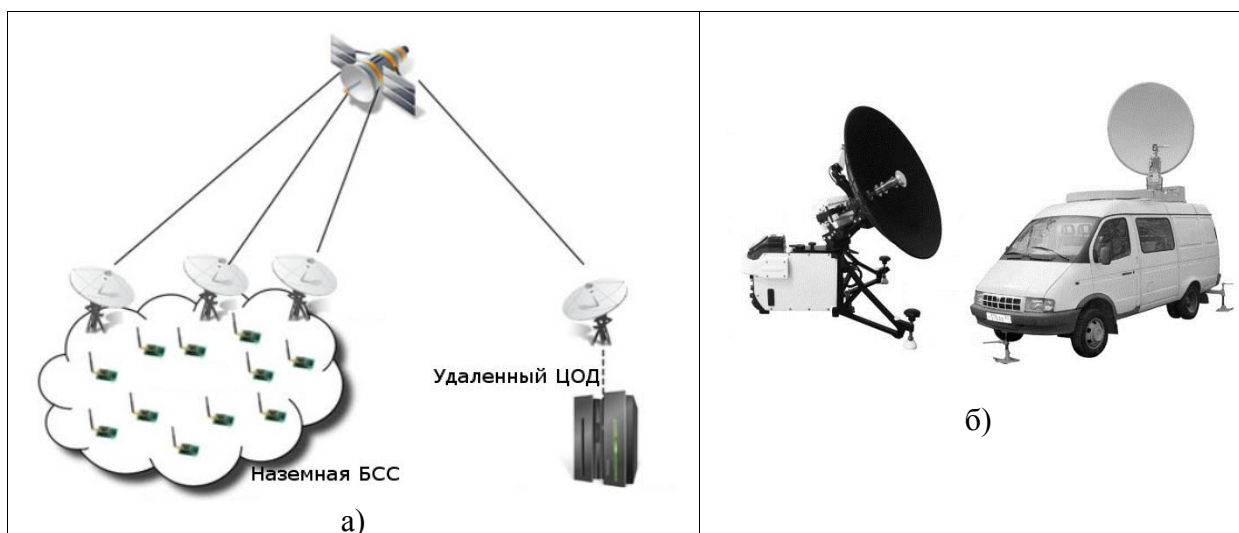


Рис. 2. БСС с спутниковым каналом между шлюзовым узлами и ЦОД а); возможный внешний вид спутникового терминала шлюзового узла сети б).

Такой принцип построения БСС целесообразен в случаях, когда наземные линии передачи (как кабельной, так и беспроводной связи):

- отсутствуют на территории возможного разворачивания БСС;
- не могут использоваться по административным или другим причинам;
- не обеспечивают необходимые показатели пропускной способности, качества, надежности передачи;
- могут быть поврежденными или полностью выведенными из строя из-за чрезвычайной ситуации.

В общем случае, спутниковый канал передачи должен рассматриваться как основной вариант, в ситуации, когда территория размещения сенсоров и ее состояние не известны в момент проектирования и могут меняться в значительной мере. В таком случае, при наличии возможности доставки оборудования спутникового терминала на требуемую территорию, ССС обеспечат наименьшее гарантированное время введения БСС в рабочее состояние. На рис.2б приведен возможный внешний вид спутниковых терминалов для шлюзовых узлов сенсорной сети. Терминалы соответственно могут быть стационарными или передвижными для систем с различным назначением.

В зависимости от особенности системы (характера нагрузки спутникового канала), приемлемые технологии построения спутникового канала могут различаться в значительной мере. При необходимости в реальном времени обеспечить гарантированную передачу данных с заданной скоростью, возможно применение спутниковых каналов с фиксированной пропускной способностью. Если эффективность использования канала и экономия энергетического ресурса спутникового терминала имеют больший приоритет, чем малое время задержки, ССС с периодическим опросом станций будут предпочтительней. Для БСС, которые не производят постоянной отправки данных о среде, а работают на детектирование

пороговых значений измеряемых параметров (система создает малое количество данных для передачи с длительными промежутками молчания), наиболее экономичными будут спутниковые каналы со случайным доступом.

Использование сенсоров со спутниковым интерфейсом. В некоторых случаях как сенсорную сеть можно рассматривать определенное количество наземных узлов, которые не могут иметь непосредственной связи между собой. Примером таких систем могут быть поисково-спасательные службы [4]. Назначение таких систем состоит в выявлении сигналов бедствия и определении точных координат специальных радиопередатчиков, которые можно рассматривать как сенсоры.

В большинстве подобных систем используются низкоорбитальные спутники, которые без обеспечения постоянного глобального покрытия, через ограниченный промежуток времени могут выявить сигнал в любой точке поверхности земли. Применение низкоорбитальных спутников и отсутствие необходимости вести передачу в широкой полосе, позволяют сохранить устройства передачи (в системе КОСПАС-САРСАТ – радиобуй) относительно компактными.

Применение коллективного образования передающего луча в БСС. Коллективное образование луча представляет собой метод образования канала передачи данных от группы разнесенных узлов с энергетическими ограничениями, который базируется на принципах фазированных антенных решеток. Так как типичные сенсорные узлы имеют жесткие ограничения мощности передатчика и оборудованы одной слабонаправленной антенной, возможности формирования спутникового канала от отдельного узла очень ограничены. Одним из возможных решений этой проблемы может быть использование ресурсов группы узлов для совместной передачи собранной ими информации. Перед непосредственной передачей данных к получателю группа узлов обменивается собранными данными через беспроводную маломощную сеть. Когда все узлы имеют одинаковую копию собранных данных, производится синхронная передача сигнала с внесенными контролируемыми фазовыми задержками. В точке получения сигналы от всех узлов должны приходить синфазно, чем удастся достичь требуемого уровня сигнала в приемнике.

В источнике [5] предложено использовать такой подход для передачи данных между группами сенсоров со значительным разнесением. Так образуется гибридная MESH сеть с каналами внутри близко расположенных узлов группы и каналами связи с удаленными группами сенсоров. В других источниках [2, 6] описывается образование коллективных каналов в направлении спутниковых ретрансляторов или высотных воздушных платформ (рис.3).

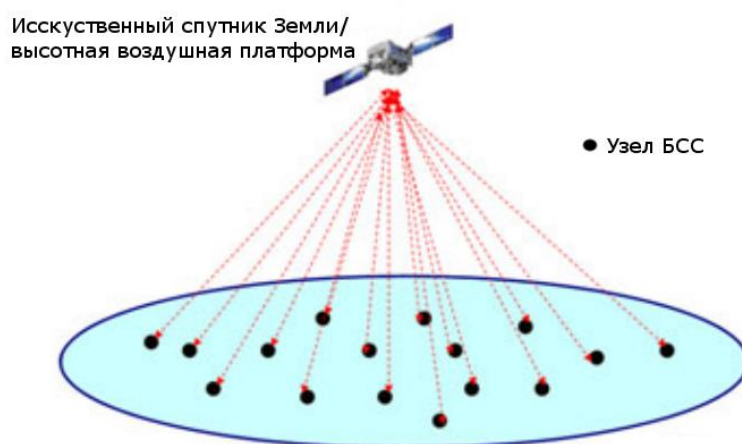


Рис.3. Коллективное образование луча передачи от маломощных узлов.

Коллективное формирование луча может быть применено в современных БСС для различных целей. Например, уравнивание энергии передачи всех узлов или для повышения безопасности данных (исключая излучение сигналов в нежелательных направлениях, затрудняя выявления факта ведения передачи).

Безусловно, для организации синфазного прихода радиосигналов необходима точная синхронизация всех передающих узлов, что представляет собой дополнительную задачу при построении БСС. На практике существует два подхода к реализации синхронной передачи: с обратной связью и без нее. В первом случае каждый узел периодически получает опорный сигнал от удаленной точки (в направлении которой производится коллективная передача) и производит подстройку передатчика в соответствии с этим сигналом. Во втором случае один узел в группе выступает как опорный, относительно него синхронизируются все остальные передатчики.

Спутниковые сенсорные сети. Традиционные спутниковые программы стоят очень дорого, чтобы проектировать, строить, запуск и эксплуатацию. Из-за высокой стоимости, аэрокосмическая промышленность начали направлять свое внимание на миссии, состоящих из многих, распределенных, малых и недорогих спутников. Космические миссии состоят из нескольких связанных спутников, нацеленных выполнить общую цель миссии. Наблюдение Земли (НЗ) является важным направлением отрасли научного сообщества. НЗ системы состоят из группы нано-спутников, малых спутников с массой несколько килограммов, или пико-спутников, с массой менее одного килограмма, которые образуют группировку на одной или нескольких орбитах [7].

Применение в качестве узлов сенсорной сети небольших спутниковых платформ расходится с типичными примерами БСС, хотя полностью соответствует названию такого рода систем. Такие системы могут проводить измерения среды как на орбите (например, уровень электромагнитных излучений), так и на поверхности земли (при помощи фотооптических устройств). Для передачи собранных данных каждый спутник не обязательно должен иметь непосредственный канал с земными станциями. Как правило, в таких системах применяются межспутниковые линии связи, которые могут быть образованы каналами радио или оптического диапазона [8].

Выводы. Проведенный обзор демонстрирует примеры служб и систем, где применения спутниковых каналов связи в БСС может быть эффективным, а, возможно, и единственным решением проблемы. Несмотря на дополнительные сложности применения спутниковых каналов передачи, связанные с энергетическими требованиями к сигналу передатчиков сенсорной сети, спутниковые системы способны обеспечить необходимую территориальную гибкость для разворачивания БСС.

Традиционное применение спутниковых технологий как связующего звена для наземной БСС все еще имеет не решенные проблемы, например, методика выбора протоколов канального уровня для экономичного использования ресурса ретранслятора, при различных характерах данных, которые генерируются сенсорами.

Некоторые современные идеи, такие как коллективное образование луча передачи, которые еще не нашли широкого применения на практике, могут быть рассмотрены как перспективные направления развития БСС.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

1. Баскаков С., Оганов В. Беспроводные сенсорные сети на базе платформы MeshLogic // «Электронные компоненты», №8, 2006
2. Celandroni N., Ferro E., Gotta A. A survey of architectures and scenarios in satellite-based wireless sensor networks: system design aspects. // Int. J. Satellite Communication Network., 31: 1–38. doi: 10.1002/sat.1019.
3. Ye W., Silva F., DeSchon A., Bhatt S. Architecture of a Satellite-Based Sensor Network for Environmental Observation // Earth Science Technology Conference (ESTC2008) Proceedings. – 2006. pp. 1 – 6.
4. Lewandowski A., Niehoefer B., Wietfeld C. Performance Evaluation of Satellite-Based Search and Rescue Services: Galileo vs. Cospas-Sarsat // Vehicular Technology Conference, 2008. VTC 2008-Fall. IEEE 68th, vol., no., pp.1 – 5, 21-24 Sept. 2008.

5. Ochiai H., Mitran P., Poor H., Tarokh V. Collaborative beamforming for distributed wireless ad hoc sensor networks // *Signal Processing, IEEE Transactions on* , vol.53, no.11, pp.4110 – 4124, Nov. 2005.
6. Poulakis M., Vassaki S., Panagopoulos A. Satellite-based wireless sensor networks: Radio communication link design // *Antennas and Propagation (EuCAP), 2013 7th European Conference on* , vol., no., pp.2620 – 2624, 8-12 April 2013.
7. Walter Colitti, Kris Steenhaut, Nicolas Descouvemont, and Adam Dunkels. 2008. Satellite based wireless sensor networks: global scale sensing with nano- and pico-satellites. In *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems (SenSys '08)*.
8. G. Maral, M. Bousquet, *Satellite Communication Systems. Systems, Techniques and Technology. Fifth Edition.* Wiley 2009, 742 p.

References:

1. Baskakov S., Organov V. *Wireless Sensor Networks Based on MeshLogic Platform* // «Elektronnye komponenty», №8, 2006
2. Celandroni N., Ferro E., Gotta A. A survey of architectures and scenarios in satellite-based wireless sensor networks: system design aspects. // *Int. J. Satellite Communication Network.*, 31: 1–38. doi: 10.1002/sat.1019.
3. Ye W., Silva F., DeSchon A., Bhatt S. Architecture of a Satellite-Based Sensor Network for Environmental Observation // *Earth Science Technology Conference (ESTC2008) Proceedings.* – 2006. pp. 1 – 6.
4. Lewandowski A., Niehoefer B., Wietfeld C. Performance Evaluation of Satellite-Based Search and Rescue Services: Galileo vs. Cospas-Sarsat // *Vehicular Technology Conference, 2008. VTC 2008-Fall. IEEE 68th*, vol., no., pp.1 – 5, 21-24 Sept. 2008.
5. Ochiai H., Mitran P., Poor H., Tarokh V. Collaborative beamforming for distributed wireless ad hoc sensor networks // *Signal Processing, IEEE Transactions on* , vol.53, no.11, pp.4110 – 4124, Nov. 2005.
6. Poulakis M., Vassaki S., Panagopoulos A. Satellite-based wireless sensor networks: Radio communication link design // *Antennas and Propagation (EuCAP), 2013 7th European Conference on* , vol., no., pp.2620 – 2624, 8-12 April 2013.
7. Walter Colitti, Kris Steenhaut, Nicolas Descouvemont, and Adam Dunkels. 2008. Satellite based wireless sensor networks: global scale sensing with nano- and pico-satellites. In *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems (SenSys '08)*.
8. G. Maral, M. Bousquet, *Satellite Communication Systems. Systems, Techniques and Technology. Fifth Edition.* // Wiley 2009, 742 p.

А.И. Лысенко
д.т.н., профессор,
Национальный технический университет Украины «КПИ»

Е.Н. Тачинина
к.т.н., доцент,
Национальный Авиационный Университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО СЕНСОРА НА БАЗЕ КВАДРОКОПТЕРА

***Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы математического моделирования движения квадрокоптера. Предложены расчетная схема и математическая модель пространственного движения квадрокоптера, учитывающая кинематические связи, механические процессы в системе вращающихся винтов квадрокоптера, а также алгоритмы выработки управляющих воздействий.*

Ключевые слова: квадрокоптер, управление, математическая модель.

О.І. Лисенко
д.т.н., професор,
Національний технічний університет України «КПІ»

О.М. Тачиніна
к.т.н., доцент,
Національний Авіаційний Університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ МОБІЛЬНОГО СЕНСОРА НА БАЗІ КВАДРОКОПТЕРА

***Анотація.** В роботі розглянуті питання математичного моделювання руху квадрокоптера. Запропоновані розрахункова схема і математична модель просторового руху квадрокоптера, що враховує кінематичні зв'язки, механічні процеси в системі обертових гвинтів квадрокоптера, а також алгоритми вироблення керуючих впливів.*

Ключові слова: квадрокоптер, управління, математична модель.

Lysenko O.
Doctor of Science, engineer, professor,
Natsionalny Tehnichny Universitet Ukraine «KPI»

Tachinina H.
PhD, associated professor,
National Aviation University.

MATHEMATICAL MODELING OF QUADCOPTER MOTION

***Abstract.** The paper considers the problem of quadcopter motion mathematical modeling. The design diagram and mathematical model of quadcopter spatial motion with regard to kinematic*

relations, mechanical processes in the system of quadcopter rotating propellers, as well as the algorithms of generating the control actions are proposed.

Keywords: quadcopter, control, mathematical model

Введение. В последние десятилетия, в связи с успешным развитием области микромеханики и микроэлектроники возрос интерес к использованию компактных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – квадрокоптеров, линейные размеры и масса которых составляют 0,1 - 0,5 метра и 0,1 - 0,5 кг соответственно.

Такие преимущества квадрокоптеров, как дешевизна, высокая грузоподъемность (соизмерима с массой самого аппарата), простота управления открывают широкие перспективы по применению этих аппаратов для дистанционного видеонаблюдения, картографирования, радиоразведки и радиоподавления, а также других применений.

Квадрокоптер является разновидностью БПЛА с четырьмя несущими винтами, у которого два противоположных винта вращаются в одном направлении, и два других – в обратном, при этом маневры осуществляются путем изменения скорости вращения винтов.

Управляемый четырьмя разнесенными винтами квадрокоптер представляет собой нестабильную динамическую систему, которая в силу нелинейности математической модели должна быть стабилизирована соответствующими управляющими алгоритмами. В связи с этим, построение математической модели управления квадрокоптером, которая в высокой степени точности соответствует реальному объекту, являются чрезвычайно актуальной задачей.

Математическая модель квадрокоптера. Рассмотрим квадрокоптер с известными физическими параметрами, движением, которого можно управлять, изменяя скорости вращения винтов. Для формального описания динамики движения квадрокоптера как твердого объекта в трёхмерном пространстве необходимо ввести в рассмотрение две системы координат (СК):

1. Неподвижную систему координат (НСК), в качестве которой выступает нормальная земная система координат с заданными перпендикулярными друг другу координатными осями $O_g X_g$, $O_g Y_g$, и $O_g Z_g$, причем ось $O_g Z_g$ направлена противоположно вектору силы тяжести.

2. Связанную с квадрокоптером систему координат (ССК), центр которой размещен в центре масс аппарата, а оси $O X$, $O Y$, и $O Z$ параллельны и сонаправлены с осями неподвижной системы. Угловое положение аппарата зададим тремя углами Эйлера: углами крена φ , тангажа θ и рыскания ψ , определяющими вращение вокруг осей $O X$, $O Y$, и $O Z$ соответственно.

Основываясь на ранее рассмотренных системах координат можно утверждать о том, что квадрокоптер имеет шесть степеней свободы, а именно три линейных координаты $[x; y; z]$ и три угловых $[\theta, \varphi, \psi]$. В качестве управляющих каналов выступают скорости вращения роторов (рис. 1), которые создают динамику движения БПЛА в пространстве. Согласно [1–3], возникающие в результате подачи управляющих воздействий силы и моменты пропорциональны квадрату угловых скоростей винтов Ω^2 . Поэтому, для достижения желаемого режима работы БПЛА, необходимо связать совокупность управляющих воздействий со степенями свободы БПЛА, через уравнения связи, которые определяют основные режимы движения квадрокоптера в пространстве.

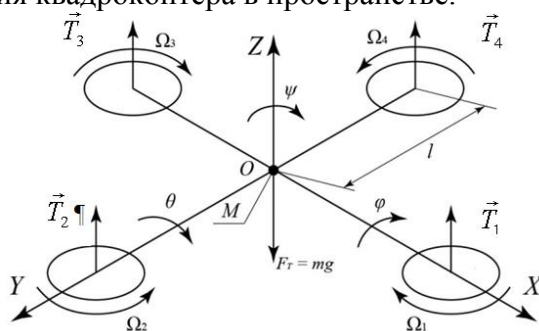


Рис. 1. Связанная система координат квадрокоптера.

В качестве первого режима БПЛА U_1 рассмотрим движение вдоль оси OZ , принадлежащей ССК. Данное движение обеспечивается одновременным увеличением скоростей винтов на одинаковое значение угловой скорости Δ_a . Полученное при этом движение (рис. 1) характеризуется взлетом или посадкой квадрокоптера (при нулевых значениях тангажа и крена) и описывается следующим выражением:

$$U_1 = b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2), \quad (1)$$

где b – аэродинамическая составляющая тяги винта.

В качестве второго режима движения БПЛА U_2 необходимо взять поворот вокруг оси OX , принадлежащей ССК. Данное движение достигается путем увеличения/уменьшения на величину Δ_a значения Ω_4 левого винта и уменьшением/увеличением на величину Δ_b значения Ω_2 правого. Полученное при этом движение характеризуется изменением угла крена φ (рис. 2) и описывается следующим выражением:

$$U_2 = lb(\Omega_2^2 - \Omega_4^2), \quad (2)$$

где l – расстояние между центром квадрокоптера и центром винта.

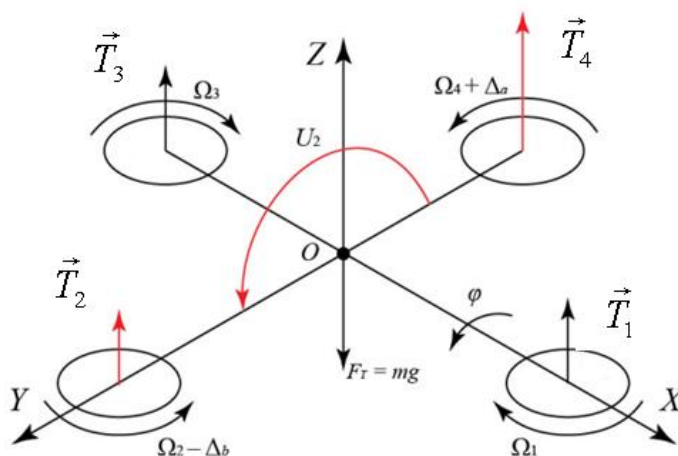


Рис. 2. Режим движения квадрокоптера вокруг оси OX .

В качестве третьего режима движения U_3 необходимо взять поворот БПЛА вокруг оси OY , принадлежащей ССК. Данное движение достигается путем уменьшения/увеличения на величину Δ_a значения Ω_1 фронтального винта и увеличения/уменьшения на величину Δ_b значения Ω_3 заднего. Полученное при этом движение характеризуется изменением угла тангажа θ (рис. 3, а) и описывается следующим выражением:

$$U_3 = lb(\Omega_1^2 - \Omega_3^2), \quad (3)$$

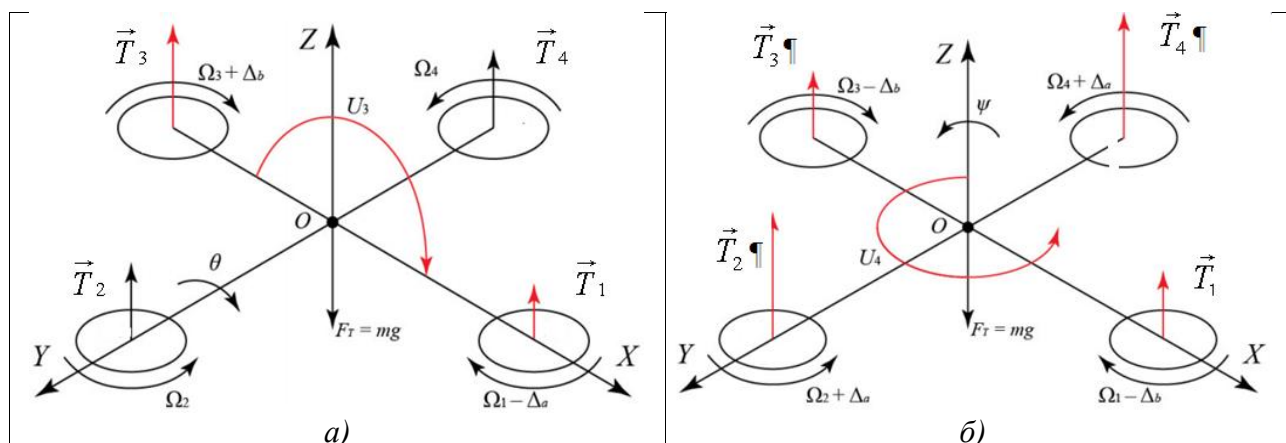


Рис.3. Режимы движения квадрокоптера:

а) режим движения вокруг оси OY ; б) режим движения вокруг оси OZ .

В качестве последнего, четвертого, режима движения U_4 необходимо взять поворот БПЛА вокруг оси OZ , принадлежащей ССК. Данное движение достигается путем одновременного увеличения/уменьшения на величину Δ_a значений Ω_4 левого и Ω_2 правого винтов, а также одновременного уменьшения/увеличения на величину Δ_b значений Ω_1 фронтального и Ω_3 заднего винтов. Благодаря вращению роторов в диагонально противоположных направлениях, полученное движение характеризуется изменением угла рыскания ψ (рис. 3, б) и описывается следующим выражением:

$$U_4 = d(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2), \quad (4)$$

где d – аэродинамическая составляющая коэффициента сопротивления среды.

Введенное, с учетом (1) – (4), множество U , характеризующее режимы движения квадрокоптера можно записать следующим образом:

$$U = \begin{cases} U_1 = b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2); \\ U_2 = lb(-\Omega_2^2 - \Omega_4^2); \\ U_3 = lb(-\Omega_1^2 - \Omega_3^2); \\ U_4 = d(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2). \end{cases}$$

Множество U определяет связь между системой исполнительных приводов и платформой БПЛА. Поэтому, при дальнейшем рассмотрении математической модели динамики движения квадрокоптера, режимы движения (1-4) будут использоваться как задающие воздействия для платформы БПЛА.

Положение квадрокоптера в пространстве относительно НСК представляется с помощью векторов положения и скорости. Этими векторами являются: вектор положения квадрокоптера \vec{P} , вектор поступательной скорости квадрокоптера \vec{G} , вектор угловой скорости квадрокоптера \vec{W} и вектор ориентации квадрокоптера \vec{E} .

Вектор положения квадрокоптера \vec{P} можно представить уравнением:

$$\vec{P} = \begin{bmatrix} P_i \\ P_j \\ P_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (5)$$

где i, j, k - проекции вектора положения в связанной системе координат.

Вектор поступательной скорости квадрокоптера \vec{G} имеет вид:

$$\vec{G} = \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} \quad (6)$$

где u, v и w - проекции поступательной скорости квадрокоптера в связанной системе координат.

Вектор угловой скорости квадрокоптера \vec{W} будет иметь следующий вид:

$$\vec{W} = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (7)$$

где p, q и r являются проекциями вращательной скорости квадрокоптера в связанной системе координат.

Вектор ориентации квадрокоптера \vec{E} в зависимости от фиксированной системы координат имеет вид:

$$\vec{E} = \begin{bmatrix} \varphi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} \quad (8)$$

Эти векторы являются состояниями квадрокоптера в любом интервале времени и используются для управления квадрокоптером. Обобщенный вектор \vec{X} состояния будет иметь вид:

$$\vec{X} = \begin{bmatrix} \vec{\vartheta} \\ \vec{W} \\ \vec{E} \\ \vec{P} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Для нахождения законов движения квадрокоптера используем выражение закона Ньютона:

$$\sum \vec{F} = m \left(\frac{d}{dt} \vec{\vartheta} + \vec{W} \times \vec{\vartheta} \right) \quad (10)$$

Действующими силами на квадрокоптер при отсутствии влияния возмущающих воздействий являются сила веса \vec{G} и силы тяги \vec{T} :

$$\sum \vec{F} = \vec{G}_g + \vec{T}_g \quad (11)$$

где $\vec{G}_g = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ mg \end{bmatrix}$, $\vec{T}_g = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ T \end{bmatrix}$, $\vec{T}_g = \sum_{n=1}^4 \Omega_n$, m - масса квадрокоптера и g - ускорение свободного падения и Ω_n - скорость вращения ротора.

Следовательно, силы \vec{G} и \vec{T} можно записать в связанной системе координат с помощью матрицы вращения [4]:

$$\vec{G} = mg \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ \cos \theta \sin \varphi \\ \cos \theta \cos \varphi \end{bmatrix}; \vec{T} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ T \end{bmatrix}. \quad (12)$$

С учетом уравнений (7)-(8), (12), уравнение (11) принимает следующий вид:

$$\vec{G} + \vec{T} = m \left(\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} + \vec{W} \times \vec{\vartheta} \right). \quad (13)$$

Откуда

$$\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = \frac{1}{m} \left(mg \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ \cos \theta \sin \varphi \\ \cos \theta \cos \varphi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ T \end{bmatrix} \right) - \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Следовательно, с помощью алгебры матриц получим

$$\frac{d\mathcal{D}}{dt} = \begin{bmatrix} -g \sin \theta - qw + rv \\ g \cos \theta \sin \theta - ru + pw \\ g \cos \theta \cos \varphi + \frac{T}{m} - pv + qu \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Уравнение (15) можно записать в виде системы:

$$\begin{aligned} \dot{u} &= rw - qw - g \sin \theta; \\ \dot{v} &= pw - ru + g \cos \theta \sin \varphi; \\ \dot{w} &= qu - pv + g \cos \theta \cos \varphi + \frac{T}{m}. \end{aligned} \quad (16)$$

Линеаризуем выражение (10), используя следующие равенства при нулевых начальных условиях:

$$\begin{aligned} u &= u_0 + \Delta u; \\ v &= v_0 + \Delta v; \\ w &= w_0 + \Delta w; \\ q &= q_0 + \Delta q; \\ r &= r_0 + \Delta r; \\ \varphi &= \varphi_0 + \Delta \varphi; \\ \theta &= \theta_0 + \Delta \theta. \end{aligned} \quad (17)$$

Следовательно, при линеаризации система (16) примет вид:

$$\begin{aligned} \dot{u} &= (r_0 + \Delta r)(v_0 + \Delta v) - (q_0 + \Delta q)(w_0 + \Delta w) - g \sin(\theta_0 + \Delta \theta); \\ \dot{v} &= (p_0 + \Delta p)(w_0 + \Delta w) - (r_0 + \Delta r)(u_0 + \Delta u) + g \cos(\theta_0 + \Delta \theta) \sin(\varphi_0 + \Delta \varphi); \\ \dot{w} &= (q_0 + \Delta q)(u_0 + \Delta u) - (p_0 + \Delta p)(v_0 + \Delta v) + g \cos(\theta_0 + \Delta \theta) \cos(\varphi_0 + \Delta \varphi) + \frac{T}{m}. \end{aligned} \quad (18)$$

Используя законы тригонометрии

$$\begin{aligned} \sin(a + b) &= \sin a \cos b + \cos a \sin b; \\ \cos(a + b) &= \cos a \cos b - \sin a \sin b, \end{aligned} \quad (19)$$

и с учетом, что при нулевых начальных условиях и малых углах

$$\begin{aligned} \sin a &= \sin(a + \Delta a) = \sin \Delta a = \Delta a; \\ \cos a &= \cos(a + \Delta a) = \cos \Delta a = 1, \end{aligned} \quad (20)$$

уравнение (18) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \dot{u} &= \Delta r \Delta v - \Delta q \Delta w - g \Delta \varphi; \\ \dot{v} &= \Delta p \Delta w - \Delta r \Delta u + g \Delta \theta; \\ \dot{w} &= \Delta q \Delta u - \Delta p \Delta v + g \frac{T}{m}, \end{aligned} \quad (21)$$

где Δp , Δq и Δr - изменения проекций вектора вращательной скорости; Δu , Δv и Δw - изменения проекций вектора поступательной скорости; $\Delta \varphi$ и $\Delta \theta$ - изменения углов крена и тангажа.

Так как значения изменений параметров очень малы, то их умножение приведет к малому числу, которым можно пренебречь при рассмотрении уравнения (20) с помощью закона тригонометрии (19):

$$\begin{aligned}\dot{u} &= -g\Delta\varphi; \\ \dot{v} &= g\Delta\theta; \\ \dot{w} &= g\frac{T(\psi)}{m}.\end{aligned}\tag{22}$$

Следовательно, получим отношения ускорений по крену $\ddot{\varphi}$, тангажу $\ddot{\theta}$ и рысканию $\ddot{\psi}$, которые рассмотрены ранее (рисунки 2, 3)

$$\begin{aligned}\ddot{\varphi} &= \frac{lb(T_1 - T_2 + T_3 - T_4)}{I_{xx}}; \\ \ddot{\theta} &= \frac{lb(-T_1 + T_2 - T_3 + T_4)}{I_{yy}}; \\ \ddot{\psi} &= \frac{d(-T_1 + T_2 - T_3 + T_4)}{I_{zz}}.\end{aligned}\tag{23}$$

Подставив выражения (22) в (23) получим:

$$\dot{u} = -g \iint \frac{lb(T_1 - T_2 + T_3 - T_4)}{I_{xx}}\tag{24}$$

Подставив в выражение (24) $\dot{u} = dx/dt$ и заменив интеграл оператором Лапласа получим уравнение движения квадрокоптера относительно оси OX :

$$\frac{dx}{dt} = -g\left(\frac{lb(T_1 - T_2 + T_3 - T_4)}{p^2 I_{xx}}\right).\tag{25}$$

Подобным образом получим уравнение движения квадрокоптера относительно оси OY :

$$\frac{dy}{dt} = g\left(\frac{lb(-T_1 + T_2 - T_3 + T_4)}{p^2 I_{yy}}\right).\tag{26}$$

Для реализации законов движения в трёхмерном пространстве получим уравнение контура изменения высоты полета или зависания квадрокоптера:

$$\frac{dz}{dt} = g\left(\frac{l(T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{p^2 m}\right).\tag{27}$$

Контур управления высотой не включает в себя вращение вокруг оси OZ .

При линейном моделировании контур угла рыскания ψ является отдельным контуром управления и имеет следующий вид:

$$\frac{d\psi}{dt} = g\left(\frac{d(-T_1 + T_2 - T_3 + T_4)}{p^2 I_{zz}}\right).\tag{28}$$

Для определения желаемой траектории движения и ориентации объекта в пространстве необходимо знать зависимость координат центра масс квадрокоптера от времени. Решение системы дифференциальных уравнений (23) - (27) осуществляется путем численного интегрирования, что позволяет найти зависимости $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$, $\varphi(t)$, $\theta(t)$, $\psi(t)$, и провести соответствующее моделирование движения БПЛА.

Таким образом, полученные в результате анализа основных закономерностей движения квадрокоптера, дифференциальные уравнения (23) - (27) представляют собой математическую модель, описывающую пространственное движение БПЛА.

Вывод. В работе предложены расчетная схема и математическая модель пространственного движения квадрокоптера, учитывающая кинематические связи, гироскопические эффекты, взаимосвязанные механические процессы в системе вращающихся винтов квадрокоптера, а также алгоритмы выработки управляющих воздействий.

References

1. Ian Cowling. Toward autonomy of quadrotors as UAV., 2008, Cranfield University.

2. M. Kemper and S. Fatikow. “Impact of center of gravity in quadrotor helicopter controller design,” in Proc. 4th IFAC-Symposium on Mechatronic Systems, (Heidelberg, Germany), 2006.
3. C. Balas. Modeling and linear control of a quadrotor. Msc Thesis. 2007.
4. H. Huang, G. M. Hoffmann, S. L. Waslander, and C. J. Tomlin Aerodynamics and control of autonomous quadrotor helicopters in aggressive maneuvering / IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3277–3282, May 2009.

УДК 351.321

О.І. Лисенко

д.т.н., лауреат премії України,
професор кафедри телекомунікацій Інституту телекомунікаційних систем

О.О. Великий

магістр Інституту телекомунікаційних систем

О.С. Кутельова

студентка Інституту телекомунікаційних систем.

БЕЗПРОВОДОВІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОІТОРИНГУ ПОБУДОВАНІ НА РАДІОГІДРОАКУСТИЧНИХ БУЯХ

Анотація. У науковій статті експериментально доведено зниження ресурсозатрат при проектуванні, розгортанні та експлуатації безпроводових сенсорних мереж, побудованих на радіогідроакустичних буюх за допомогою алгоритмічної та програмної реалізації розрахунку раціональної топології мережі з урахуванням можливості її практичного відтворення. Дана система використовується для моніторингу водних акваторій (рівень забруднення, рівень радіоактивних відходів, і т.д.), а також у військовій сфері для визначення дислокації кораблів та підводних човнів супротивника. Матеріали даної роботи можуть бути корисні фахівцям для побудови безпроводової сенсорної мережі на водних акваторіях. Робота має акт впровадження. Результатами роботи допоможуть фахівцям швидше розгорнути безпроводові сенсорні мережі, що скоротить час на реагування у разі виникнення надзвичайних ситуацій

Ключові слова: БСМ, РГБ, сенсор, експертно-моделююча система, водна акваторія, моніторинг.

А.И. Лисенко

д.т.н., лауреат премии Украины,
профессор кафедры телекоммуникаций Института телекоммуникационных систем

А.А. Великий

магистр Института телекоммуникационных систем

О.С. Кутелёва

студентка Института телекоммуникационных систем

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, ПОСТРОЕННЫЕ НА РАДИОГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ БУЯХ

Аннотация. В научной статье экспериментально доказано снижение ресурсозатрат при проектировании, развертывании та эксплуатации беспроводных сенсорных сетей, построенных на радиогидроакустических буюх за счет алгоритмической и программной реализации расчета рациональной топологии сети с учетом возможности ее практического воспроизведения. Данная система используется для мониторинга водных акваторий (уровень загрязнения, радиоактивных отходов, и т.д.), а также в военной сфере для определения дислокации кораблей и подводных лодок противника. Материалы данной работы могут быть полезными специалистам для построения беспроводной сенсорной сети на водных акваториях. Работа имеет акт внедрения. Результаты работы помогут специалистам быстрее разворачивать беспроводные сенсорные сети, что сократит время на реагирование в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: сенсорная сеть, радиогидроакустический буй, водная акватория, мониторинг.

Lusenko O.

doct.sci, laureate of Ukraine,

Professor of the Department of Telecommunications Institute of Telecommunication Systems

Velykyi O.

Master of the Institute of telecommunication systems

Kutelova O.

Students of the Institute of telecommunication systems

METHOD OF ADAPTATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS BUILT ON THE RADIO SONAR SONOBUOYS FOR CONDITION FUNCTIONING

Annotation. In a scientific paper experimentally proven to reduce resource consumption in the design, deployment, operation is the wireless sensor networks based on radio sonar buoys due to algorithmic and software implementation of a rational calculation of network topology with the possibility of its practical play. This system is used to monitor water areas (level of pollution, radioactive waste, etc.), as well as in the military sphere to determine the deployment of ships and submarines. Materials of this work may be useful to specialists to build a wireless sensor network for water area. The work has got act implementation.

Results of professionals will help quickly deploy wireless sensor networks that reduce the time to respond to emergencies

Вступ. Актуальними залишаються проблеми пов'язані з пошуком об'єктів на водних акваторіях (кораблів, підводних човнів, тощо), нафтових продуктів, тощо. Сенсорна мережа побудована на радіогідроакустичних буюх – макротехнологія подвійного призначення, може бути використана як у цивільних (виявлення джерел нафтових забруднень), так і у військових (для захисту водних кордонів) цілях. Застосовуються з метою виявлення підводних човнів та інших підводних об'єктів, зв'язку з підводними човнами, а також у наукових цілях. Гідроакустичний буй (також радіогідроакустичний буй, РГБ) - вільно плаваючий або встановлений на якорі буй, призначений для випромінювання та / або прийому та ретрансляції по радіоканалу гідроакустичних сигналів. Застосовуються з метою виявлення підводних човнів та інших підводних об'єктів, зв'язку з підводними човнами, а також у наукових цілях (знаходження місця розливу нафтопродуктів, тощо). Як правило, скидаються з літака, вертольоту або надводного корабля. Після потрапляння у воду протягом певного часу автоматично приводяться в робоче положення. При цьому з донної частини поплавця на кабелі опускається на певну глибину приймач і / або передавач гідроакустичних коливань. Ухвалений гідроакустичний сигнал по УКХ-радіоканалу ретранслюється на літак або корабель-носії у вигляді частотно-модульованого сигналу [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Точність визначення місцеположення пристрою під водою чи отримання інформації про хімічно-біологічний склад речовини залежить від системи збору інформації. Проведений аналіз технологій визначення місцеположення [2] показує, що можливості таких систем, як наприклад, найновіший патрульний літак ВМС США «P-8A Poseidon» (див.рис.1,2), радар AN/APY-10, корабель підтримки ВМС Австралії «Ocean Shield» з автоматичною міні-субмариною «BLUEFIN-21» та буксований виявляч «пінгвін» (джерел сигналів) «TPL-25» (див.рис.3), забезпечують найсучасніший пошук об'єктів у водних акваторіях, а використання спеціальних модулів (спеціальних модернізацій) для отримання інформації про хіміко-біологічний склад об'єктів, родить безпроводну сенсорну мережу (БСМ) найбільш ефективною.

Літак-розвідник підводних лодок

P-8A Poseidon



Рис.1 Літак-розвідник підводних човнів P-8A Poseidon

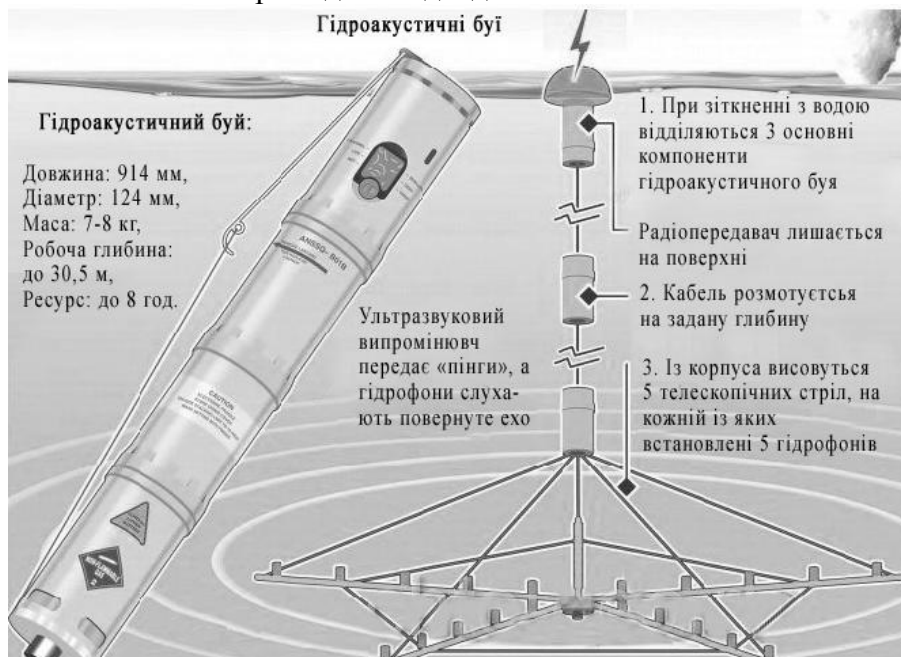


Рис.2 Гідроакустичний буй

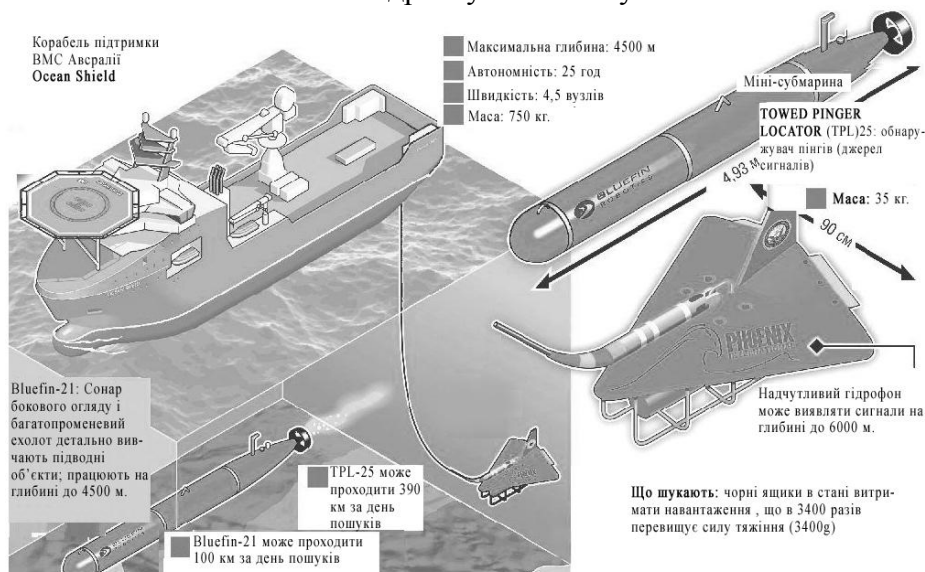


Рис. 3 Корабель підтримки ВМС Австралії «Ocean Shield»

Проте, основною проблемою БСМ залишається визначення оптимальної кількості сенсорів, ефективно обслуговувану площу, потрібний запас енергоносіїв (акумуляторних батарей), оптимальна топологія БСМ і т.д.

Постановка завдання. Для підвищення ефективності БСМ запропоновано використати експертно-моделюючу систему (ЕМС). Існує множина проектів $\{T_1, \dots, T_k\}$. Для прийняття рішення про впровадження проекту БСМ побудованої на радіогідроакустичних буях (РГБ) залучають групу експертів, які виконують експертизу із застосуванням системної методології передбачення. Це дозволило: розробити для БСМ побудованої на РГБ ієрархічну систему критеріїв оцінки ефективності їх функціонування, удосконалити метод вибору найкращого варіанту в умовах невизначеності, розробити експертно-моделюючий комплекс імітаційних моделей для перевірки прийнятих рішень [3].

Для аналізу та ефективності впровадження запропонованого методу була розроблена наступна експертно-моделююча система.

Виклад основного матеріалу

Метод отримання експертно-моделюючої системи. На рис.4 зображений метод експертної оцінки показників якості БСМ побудованих на РГБ.

Побудова системи критеріїв оцінки ефективності БСМ побудованої на РГБ відображає розрахунки експертами ефективності БСМ побудованої на РГБ, а саме: визначення оптимальної кількості сенсорів, оптимальну топологію мережі, обслуговувану площу, потрібний запас енергоносіїв і т.д., при зібранні та аналізуванні інформації про потрібну БСМ побудованої на РГБ. Також будуються сценарії розвитку можливих ситуацій при експлуатації БСМ побудованої на РГБ, розраховуються обсяги та масштаби.

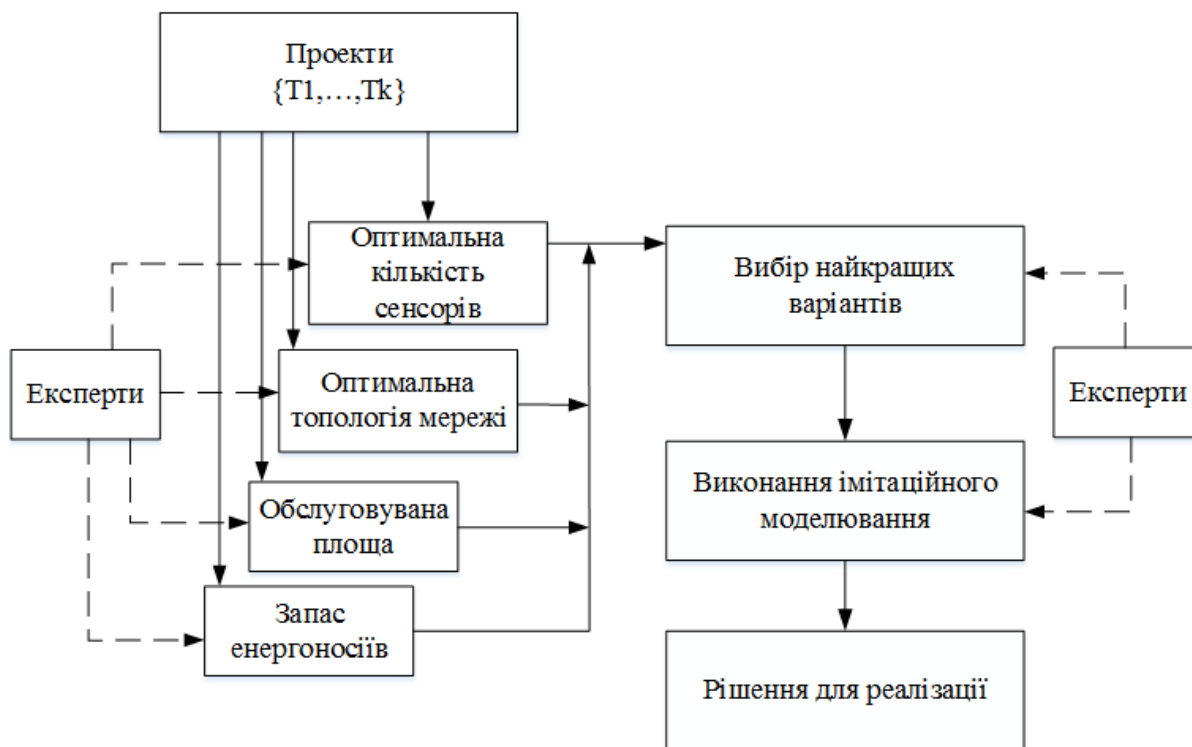


Рис.4 Удосконалена модель експертизи проектів БСМ побудованої на РГБ

Після зібраних варіантів, аналізу всіх критеріїв, робиться вибір найкращих варіантів із запропонованих. Заповнюється матриця, яка містить сценарії $\{C_1, \dots, C_n\}$, та $\{T_1, \dots, T_m\}$ – проекти ТКС зони лиха. Кожен проект містить всі сценарії, за який експерти виставляють умовні оцінки їх доцільності і ефективності. Вибір найкращого варіанту проводиться за допомогою методів теорії ігор (критерієм Вальда, критерієм Севіджа, критерієм Гурвиця).

Для практичного застосування вибраних варіантів, виконується імітаційна модель, а також розрахунки ефективності тієї чи іншої системи (Рис.5).

Результати моделювання. Всі розрахунки накладаються на топографічну карту місцевості, з якого можна зробити висновок щодо досконалості мережі, які компоненти потрібно додати, чи замінити. Вибирається певний вид РГБ, який краще підходить для виконання конкретного завдання, чи то моніторинг водних акваторій на рахунок допустимих рівнів радіації чи викидів шкідливих речовин у водні ресурси, чи моніторинг водних акваторій на предмет перебування/пересування військових об'єктів.

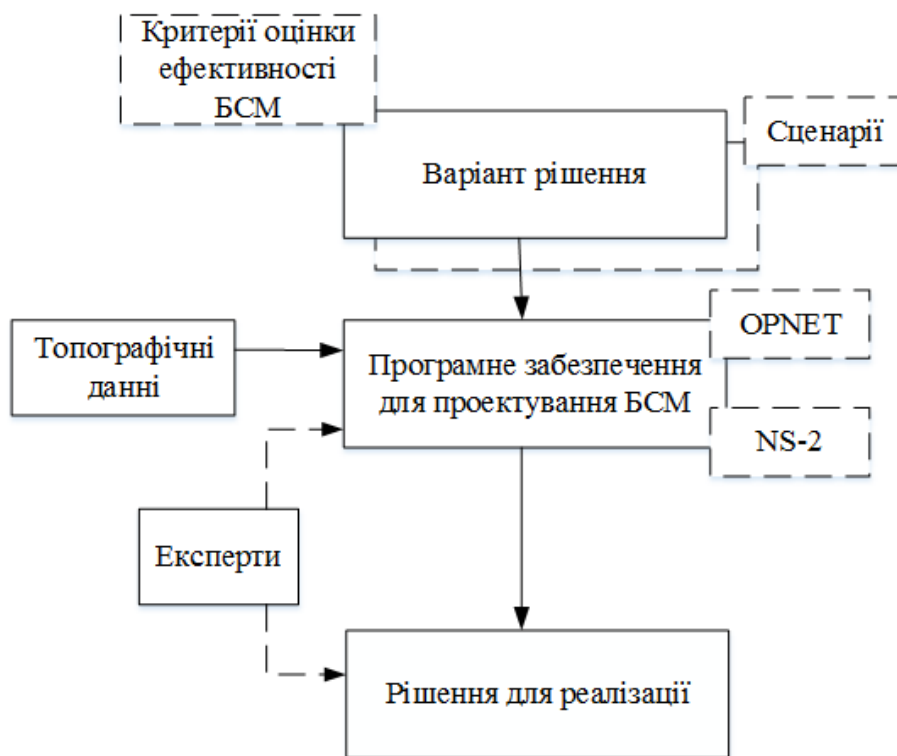


Рис.5 Виконання імітаційного моделювання БСМ побудованої на РГБ

Після цього можна ще раз розрахувати БСМ, і отримати результат задовольняючої мережі. За результатами робиться висновок, яка із запропонованих систем краще підходить для даної БСМ побудованої на РГБ, і приймається рішення на реалізацію даного методу (див. рис. 6) [4].



Рис.6 БСМ побудована на РГБ розрахована за допомогою ЕМС.

Таким чином, за допомогою ЕМС підвищується ефективність проектування і використання БСМ побудованих на РГБ (об'єктивно визначаються недоліки і система допрацьовується). Оптимальні значення кожного з параметрів системи та умов замовника призводить БСМ побудованої на РГБ до максимально ефективного використання.

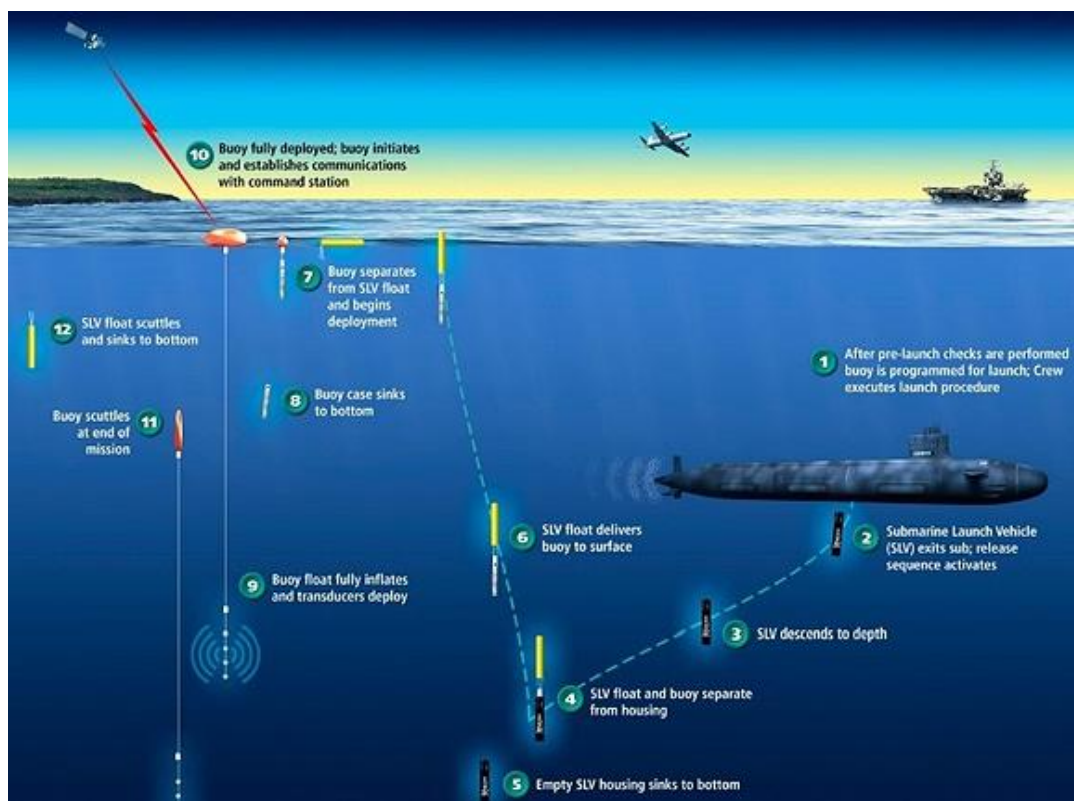


Рис. 7. Приклад розгортання радіогідроакустичних буїв

Застосування сенсорних мереж

Останнім часом БСМ знайшли застосування у широкому колі систем із вимогами та характеристиками, що значно відрізняються. Сенсорні мережі застосовуються при ліквідації наслідків стихійних лих, аварійно-рятувальних операціях, спостереженні за навколишнім середовищем та природним середовищем існування, у домашніх мережах, що фіксують хімічні, радіоактивні чи вибухові матеріали і т. п., докладніше у Табл. 1.

Таблиця 1 - Застосування БСМ

Область	Застосування
Військова	Дослідження військової обстановки Розпізнавання вторгнення Ресстрація переміщення об'єктів на суші та на морі Спостереження за полем бою
Надзвичайні ситуації	Боротьба зі стихійними лихами Датчики води/вогню
Матеріальний світ	Моніторинг води та ґрунту Дослідження природного середовища проживання Спостереження за біологічними та штучними системами

Нещодавно вченими був розроблений найкомпактніший мікрокомп'ютер, який може бути використаний в побудові сенсорних датчиків. С.H.I.P. – перший у світі комп'ютер вартістю всього 9 доларів. С.H.I.P. складається з центрального процесора, працюючого на тактовій частоті 1 ГГц, 512 МБ операційної пам'яті і 4 ГБ пам'яті для операційної системи,

додатків і користуvalьницьких даних. Мікрокомп'ютер також містить в собі модуль безпроводового зв'язку 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.0, порти USB и microUSB, а також порт для виводу зображення і звуку. При цьому розміри печатної плати — всього лише 4 на 6 сантиметра (див.рис.8). Використовуючи дану розробку, можна зменшити розміри РГБ, а також розміри самого сенсора.



Рис. 8 Мікрокомп'ютер С.Н.І.Р.



Рис. 9 Типова комплектація інтелектуального сенсорного пристрою

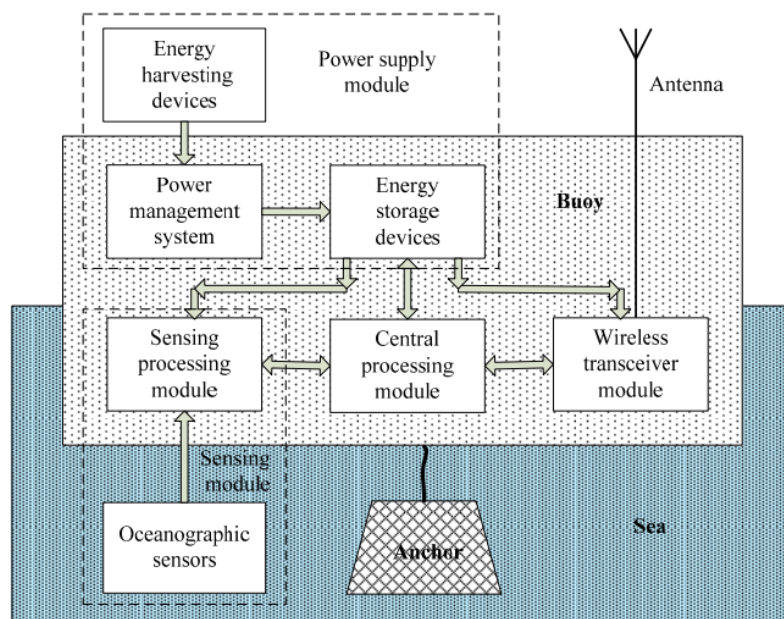


Рис. 10 Загальна архітектура радіогідроакустичного буя

Він може містити наступні типові елементи:

1. Хімічні, біологічні, фізичні сенсори
2. Модуль обробки сенсорної інформації
3. Центральний обчислювальний модуль.
4. Радіомодуль + антена.
5. Модуль живлення.

Веб-інтерфейс основного програмного забезпечення даного експертно-моделюючого комплексу може виглядати як зображено на рис. 11



Рис. 11 Веб-інтерфейс основного ПЗ

Отримана інформація візуалізується за допомогою наступного веб-інтерфейсу. ПЗ містить наступні вкладки:

- Моніторинг параметрів в реальному часі (рівень O₂, рН, рівень води, солоність, мутність, нітрит)
- Управління обладнанням
- Запит даних
- Аналіз кривих
- Вид карти
- Резервування даних

Візуалізація даних також можлива із використанням мобільних додатків. Алгоритм функціонування та інтерфейс додатку для Android зображений на рис. 12 та 13 відповідно [8].

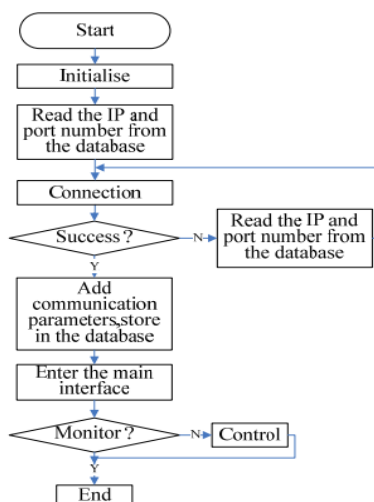


Рис. 12 Алгоритм функціонування для додатку Android

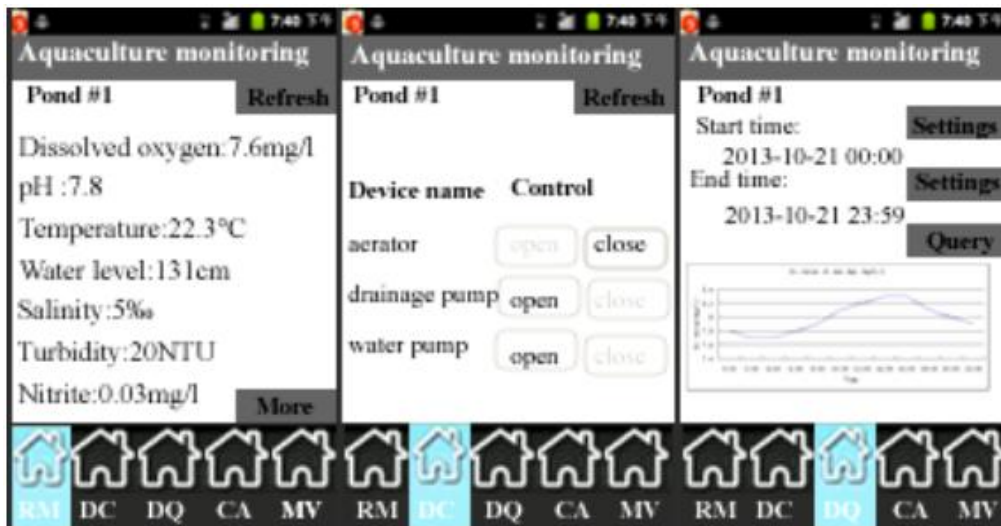


Рис. 13 Інтерфейс для додатку Android

Висновки. Запропоновано метод адаптації безпроводових сенсорних мереж побудованих на радіогідроакустичних буюх (БСМРАГБ) в умовах деструктивних впливів, який на відміну від існуючих методів використовує спеціалізовану експертно-моделюючу систему (ЕМС) як для попереднього синтезу, так і для поточного аналізу умов функціонування системи. Головним показником ефективності функціонування БСМРАГБ є пропускна спроможність. Гнучке використання ЕМС дозволяє врахувати усю попередню та оперативну інформацію про умови функціонування мережі і виконати оптимальне адаптивне узгодження протоколів маршрутизації між гідроакустичною та електромагнітною системами передачі інформації. БСМРАГБ набуває властивостей квазіадаптивності та квазіоптимальності, що дозволяє підвищити пропускну спроможність у деяких випадках до 35%.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Лаверов Н. П., Рослов Ю. В., Лобковский Л. И. и др. «Перспективы донной сейсморазведки в Российской Федерации» // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 4.
2. <http://kak-cto-gde.ru/dlya-vseh/interesnoe-v-seti/rejs-mn370-poslednie-novosti-kratko.html>.
3. Великий О.О., Кутельова О.С. «Метод підвищення ефективності безпроводових сенсорних мереж побудованих на радіогідроакустичних буюх» // Дев'ята міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми Телекомунікацій». – 2015.
4. Сложные технические и эргадические системы: метод использования / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов, А. В. Харченко, В. В. Осташевский. – Х. : Факт, 1997. – 240 с.

References:

1. Kodeks TsZ Ukrainy vid 02.10. 2012 r. № 5403- VI.
2. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26.06.2013 №444 “Pro zatverdzhennia Poriadku navchannia naseleння diiam u nadvychajnykh sytuatsiiakh”.
3. Malevan O.Yu., Pereverzin, Yu.P. Pytannia pidhotovky naseleння do dij u nadvychajnykh sytuatsiiakh // materialy 15-i Vseukr. nauk.-prakt. Konf.riatuv., 24-25 ver. 2013 r.: tezydop. – K. 2013. – S. 201-204.
4. Yasyns'kyj D.A..Navchannia naseleння diiam u nadvychajnykh sytuatsiiakh / materialy 15-i Vseukr.nauk.-prakt. Konf.riatuv., 24-25 ver. 2013 r.: tezydop. – K. 2013. – S. 314-316.
5. DSTU 5058:2008 Natsional'nyj standart Ukrainy. Bezpeka u nadvychajnykh sytuatsiiakh. Navchannia naseleння diiam u NS.Osnovnipolozhennia.
6. Nakaz MNS Ukrainy vid 07.06.2011 № 587 “Pro zatverdzhennia Metodychnykh rekomendatsij schodo poriadku stvorennia, obladnannia ta zabezpechennia funktsionuvannia konsul'tatsijnykh punktiv z pytan' tsyvil'noho zakhystu pry zhytlovo-eksploatatsijnykh orhanizatsiiakh ta sil's'kykh (selyschnykh) radakh”.

7. Nakaz DSNS vid 30.04.2013 №210 “Pro stvorennia Tsentru vzaiemodii DSNS Ukrainy z volonteramy ta volonters'kymy orhanizatsiiamy”.
8. Holovne upravlinnia statystyky u m. Kyievi /Elektronnyj resurs/<http://www.gorstat.kiev.ua/p.php>.
9. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Instytut demohrafii ta sotsial'nykh doslidzhen' imeni M.V. Ptukhy Natsional'noi Akademii Nauk Ukrainy [http/ Yelektronnyj resurs://database.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/](http://Yelektronnyj.resurs://database.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/).

УДК 621.311

Б.В. Трач
магістр

О.І. Лисенко
д.т.н., професор,
Національний технічний університет України «КПІ»

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТОКОЛУ BIDIRECTIONAL FORWARDING DETECTION ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Анотація. У роботі розглядаються безпроводові сенсорні мережі, проводиться дослідження можливості застосування протоколу BFD для підвищення надійності безпроводових сенсорних мереж, надаються рекомендації по застосуванню протоколу BFD у безпроводових сенсорних мережах.

Ключові слова: безпроводова сенсорна мережа, надійність, виявлення відмови.

Б.В. Трач
магістр

А.И. Лысенко
д.т.н., профессор,
Национальный технический университет Украины «КПИ»

ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОКОЛА BIDIRECTIONAL FORWARDING DETECTION ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ БЕЗПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Аннотация. В работе рассматриваются беспроводные сенсорные сети, проводится анализ возможности использования протокола BFD для увеличения надежности беспроводных сенсорных сетей, предоставляются рекомендации по использованию протокола BFD в беспроводных сенсорных сетях.

Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, надежность, обнаружение отказа.

Trach B.
master

Lysenko O.
Doctor of Science, engineer, professor,
Natsionalny Tehnichny Universitet Ukraine

ANALYSYS OF APPLICABILITY OF THE BIDIRECTIONAL FORWARDING DETECTION PROTOCOL FOR INCREASING RELIABILITY OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

Annotation. The paper reviews wireless sensor networks, provides analysis of applicability of the BFD protocol for improving reliability of wireless sensor networks, and provides guidelines for implementing BFD in wireless sensor networks.

Вступ. На даний момент безпроводові сенсорні мережі є важливим інструментом дослідження фізичного світу. Їх важливість пов'язана з новими можливостями використання, що обумовлені такими характеристиками БСМ, як відсутність необхідності у кабельній інфраструктурі, мініатюрність вузлів, низьке споживання електроенергії, вбудований радіоінтерфейс, досить висока обчислювальна здатність, порівняно невелика вартість. Все це зробило можливим їх широке застосування у багатьох сферах людської діяльності з метою автоматизації процесів збору інформації, моніторингу, контролю характеристик різноманітних технічних та природніх об'єктів [1]. У той же час, важливим для сенсорних мереж є питання, пов'язані із енергоспоживанням, що обумовлені необхідністю автономного функціонування. Таким чином, постає задача оптимізації використання наявних ресурсів. Крім того, до безпроводових сенсорних мереж висуваються вимоги по забезпеченню певної надійності функціонування, особливо у сферах, де відмова або затримка у доставці інформації про певне явище може мати критичні наслідки. Так, у сферах ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, медичних застосуваннях надійність мережі є надзвичайно важливою. Для підвищення надійності можливе застосування спеціалізованих протоколів, наприклад BFD (Bidirectional Forwarding Detection) [2]. Всі ці аспекти ускладнюють їх архітектуру та часто вимагають розробки спеціалізованих рішень.

Безпроводова сенсорна мережа (БСМ) – це розподілена система необслуговуваних мініатюрних електронних пристроїв (вузлів мережі), які здійснюють збір даних про параметри зовнішнього середовища і передачу їх на базову станцію за допомогою ретрансляції від вузла до вузла за допомогою бездротового зв'язку. Декілька вузлів такої мережі виступають у якості шлюзів, що виконують прийом-передачу інформації користувачам сенсорної мережі. Основу мережі становлять її вузли - сенсори - що мають можливість вимірювання фізичних параметрів середовища відповідно до задачі, що ставиться перед мережею, наприклад температуру, тиск, тощо. Крім того, сенсор містить мікроконтролер, пам'ять, радіопередавач, автономне джерело живлення і іноді виконавчі механізми (див. Рисунок 1). Можлива також передача керуючих впливів від вузлів мережі до зовнішнього середовища. Сенсорні вузли можуть закріплюватися стаціонарно, а також мати відносну мобільність, тобто довільно переміщатися один щодо одного в деякому просторі, не порушуючи при цьому логічної пов'язаності мережі. В останньому випадку сенсорна мережа не має фіксованої постійної топології, і її структура динамічно змінюється.

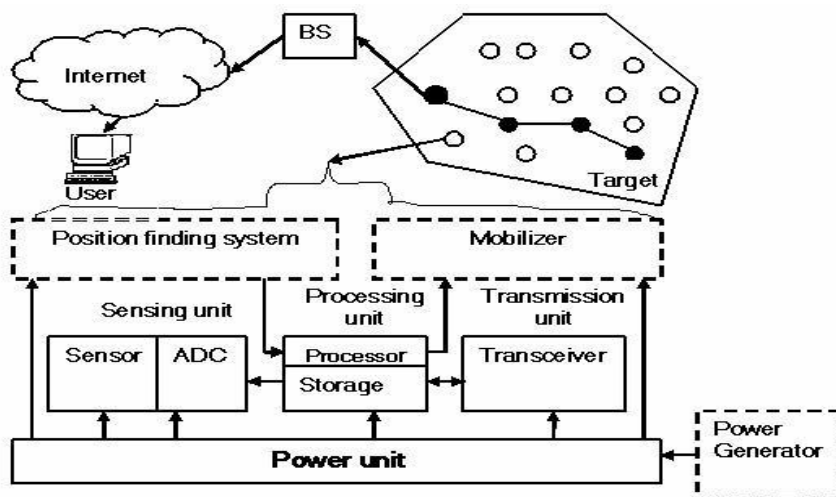


Рисунок 1 - Структура сенсорної мережі

Крім того, вузли мають можливість місцевої обробки даних від датчиків, що дозволяє приймати рішення про необхідність передачі інформації на шлюз, та визначення підмножини інформації, що має бути передана. Окрім функцій збору інформації про фізичні явища, вузли виступають у якості маршрутизаторів, що забезпечують зв'язність передачі інформації від територіально віддалених сенсорів до вузлів-шлюзів. При цьому враховуються обмеження з боку енергоспоживання, обчислювальних можливостей, пропускну здатності радіоканалів. Ці аспекти можуть обмежувати здатність мережі до масштабування, вимагаючи застосування

більшої кількості шлюзів для покриття більшої площі спостереження. В ідеалі бездротова сенсорна мережа масштабована, відмовостійка, має мале енергоспоживання, програмно налаштовувана, швидко збирає дані, надійна та точна у довгостроковій перспективі, недорога та не потребує технічного обслуговування.

Основні цілі функціонування бездротової сенсорної мережі (БСМ):

- Вимірювання значень фізичних величин;
- Реєстрація виникнення явищ, що викликають зацікавлення та визначити параметри зафіксованих подій;
- Класифікація та відслідковування об'єктів;

Таким чином, важливими вимогами до БСМ є:

- здатність до масштабування по площі та кількості сенсорів;
- надійність системи;
- оптимальне розміщення стаціонарних датчиків;
- низьке енергоспоживання;
- самоорганізація;
- спільна обробка сигналів;
- здатність працювати за запитами.

Решта даної статті організована наступним чином. У розділі 2 міститься застосування сенсорних мереж, у розділі 3 міститься загальний опис протоколу BFD, у розділі 4 проводиться аналіз можливості застосування протоколу BFD для підвищення надійності БСМ, у розділі 5 – висновки.

Застосування сенсорних мереж. Безпроводові сенсорні мережі можуть застосовуватись у великій кількості систем, що характеризуються різними вимогами. Так, сенсорні мережі можуть застосовуватись у екологічному моніторингу, у домашніх мережах типу "Розумний будинок", у зонах стихійних лих, тощо. Потенційно можливі наступні застосування безпроводових сенсорних мереж:

1. Військове застосування:
 1. дослідження військової обстановки;
 2. моніторинг державних кордонів;
 3. слідкування за рухомими об'єктами;
 4. спостереження за полем бою.
2. Застосування у зоні надзвичайних ситуацій:
 1. вимірювання забруднення атмосфери;
 2. датчики рівня води/радіації;
3. Екологічний моніторинг
 1. моніторинг стану ґрунту та води;
 2. дослідження природних середовищ;
 3. спостереження за біологічними та штучними системами.
4. Автоматизація виробничих процесів
 1. спостереження за станом промислових установок;
 2. збір інформації про проходження виробничого процесу.
5. Автомобільні мережі
 1. збір інформації про підсистеми автомобіля;
 2. контроль за станом дорожнього покриття;
 3. надання важливої інформації водію.

Можливі і інші застосування, наприклад у медицині, метеорології, агрономії, тощо. У багатьох з цих застосувань є важливим надійність мережі, адже наслідки у випадку відсутності інформації про явище можуть бути критичними. Протоколи динамічної маршрутизації підвищують надійність шляхом переобчислення маршрутів у випадку втрати зв'язності, однак ці дії виконуються тільки після виявлення відмови вузла або каналу. Для прискорення виявлення відмови застосовується протокол BFD.

Огляд протоколу BFD. BFD — простий протокол обміну Hello-повідомленнями, що у багатьох аспектах схожий на механізми виявлення відмов у відомих протоколах маршрутизації [2, 3]. Дві системи періодично передають BFD-пакети через кожен шлях між цими системами, і якщо система не одержувала BFD-пакети протягом досить довгого часу, вважається, що відмовив певний компонент цього двостороннього шляху. За деяких умов системи можуть узгодити припинення періодичного розсилання BFD-пакетів для зменшення використання смуги пропускання мережі.

BFD працює з будь-яким протоколом передачі даних (канального, мережевого рівня, тунелів), що працює між двома системами. Єдиний режим роботи — унікаст, точка-точка. Пакети BFD передаються як навантаження пакетів протоколів канального і вищих рівнів, що застосовуються у мережі. BFD може працювати одночасно на декількох рівнях еталонної моделі OSI. Контекст, у якому працює протокол, визначається рівнем OSI, на якому відбувається інкапсуляція.

Шлях вважається функціонуючим лише у випадку, якщо між системами встановлено двосторонній зв'язок, хоча це не виключає використання однонаправлених ліній. Окрема сесія BFD створюється для кожного шляху і кожного протоколу між двома системами.

Кожна система оцінює, з якою швидкістю вона може виконувати прийом та передачу пакетів BFD для досягнення згоди із сусідніми системами про швидкість виявлення відмови. Ці оцінки можуть мінятися у режимі реального часу для адаптації до незвичайних умов. Це дозволяє швидким системам, що працюють у спільному середовищі передачі, у якому наявні повільніші системи, швидше виявляти відмови між швидкими системами, в той час як повільніші системи будуть брати участь у роботі протоколу у мірі своїх можливостей.

Сесія BFD встановлюється на основі потреб додатку, що використовує цей протокол. Прийняття рішення про необхідність задіяти BFD та вибір системи адресації залежить від додатку, що його використовує. У протоколі не передбачено жодного протоколу виявлення сусідніх систем. Наприклад, реалізація протоколу OSPF може прийняти рішення про встановлення сесії BFD із сусідньою системою, виявленою через механізм Hello-повідомлень протоколу OSPF.

BFD має два режими функціонування, які можуть бути обрані користувачем, а також додаткову функцію, що може застосовуватись у комбінації з цими двома режимами. Основний режим — асинхронний. У цьому режимі системи періодично обмінюються пакетами управління BFD Control, і якщо певна кількість цих пакетів не була одержана іншою системою, сесія оголошується розірваною. Інший режим функціонування — режим за запитом. У цьому режимі припускається, що у системи є інший незалежний спосіб виявлення втрати зв'язку із сусідньою системою. Коли сесія встановлена, система що функціонує у цьому режимі може відправити сусідній системі запит на припинення обміну повідомленнями BFD Control. У випадку, коли у системи є потреба явно перевірити зв'язність із сусідньою системою, виконується обмін короткою послідовністю пакетів BFD Control. Режим запиту може працювати або незалежно у різних напрямках, або одночасно.

Крім того, у протоколі передбачена ехо-функція. Коли ехо-функція активна, послідовність ехо-пакетів BFD передається на сусідню систему, і сусідня система передає їх у зворотньому напрямку через свій шлях комутації пакетів. Якщо певна кількість пакетів втрачена, сесія оголошується розірваною. Ехо-функція може працювати як у режимі за запитом, так і у асинхронному режимі. Оскільки ехо-функція виконує функцію виявлення відмови, періодичний обмін пакетами управління може проходити зі зниженою швидкістю (у випадку асинхронного режиму), або бути повністю припиненим (у випадку режиму за запитом).

Перевагою чистого асинхронного режиму є те, що йому необхідна в два рази менше пакетів, щоб досягнути того ж часу виявлення відмови, ніж у випадку застосування ехо-функції. Він також застосовується у випадку, коли застосування ехо-функції з певних причин неможливе.

Перевагою застосування ехо-функції є те, що вона дозволяє провести повну діагностику шляху комутації пакетів до віддаленої системи. Це дозволяє досягнути нижчих

часів виявлення відмов, а також потенційно дозволяє виявити деякі види відмов, що у іншому випадку було б неможливо виявити.

Ехо-функція може застосовуватись незалежно у кожному напрямі. Її застосування можливе лише у випадку, якщо віддалена система дозволяє її використання, а локальна система прийме рішення про необхідність такої перевірки.

Режим за запитом корисний у випадку, коли пропускна здатність обмежена, і виділення її частини для функціонування протоколу неможливе. Це може мати місце у системі з великою кількістю сесій BFD. Він також корисний у випадку, коли застосовується ехо-функція у двосторонньому режимі. Недоліком є те, що час виявлення відмови фактично залежить від евристик реалізації системи виявлення відмови і невідомий протоколу BFD. Режим запиту неможливо застосувати у випадку, коли двостороння затримка при передачі більша за бажаний час виявлення відмови, бо за цих умов протокол не буде працювати коректно.

Особливості застосування протоколу BFD у безпроводових сенсорних мережах. Як можна побачити з опису, протокол BFD досить гнучкий для застосування у безпроводових сенсорних мережах. Однак для його успішного застосування необхідно виконати адаптацію до характеристик БСМ, а саме: виявлення сусідніх систем, споживання електроенергії. На основі цього можна прийняти рішення про вибір режиму функціонування протоколу BFD, застосування ехо-функції.

Для економії енергетичних ресурсів у вузлах безпроводових сенсорних мереж виконується перехід у стан "сну", протягом якого вузол може не виконувати вимірювання, обчислення, зв'язок з сусідніми системами, або будь-яку комбінацію з цих способів енергозбереження [4]. З цього можна зробити висновок, що асинхронний режим не відповідає вимогами безпроводових сенсорних мереж, адже його використання вимагає живлення мікроконтролера та передачі даних з малими інтервалами, що не даватиме змоги вузлу перейти у ощадний режим. Застосування ехо-функції також недоцільне через потребу у неперервній передачі великого обсягу даних. При цьому можливе використання як асинхронного режиму, так і ехо функції на вузлах-шлюзах, адже у випадку втрати зв'язку з мережею обробки даних інформація буде недоступною протягом довгого часу, тому необхідна швидка реакція на втрату зв'язку. Для всіх інших вузлів доцільним є застосування режиму за запитом, що дозволяє виконувати перевірку зв'язності тільки перед передачею даних сенсорів. При цьому у якості події, що сигналізує перевірку зв'язку, можна застосовувати сигнал від системи позиціонування про переміщення, або від сенсора якщо є необхідність підготуватись до передачі даних.

Крім того, постає проблема виявлення сусідніх систем та вибору адресації для організації роботи протоколу BFD. Так, у випадку застосування мережі, організованої за протоколом ZigBee [5, 6], є можливість використати інформацію про джерела протокола маршрутизації AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing) для адресації та виявлення сусідів. При застосуванні інших спеціалізованих алгоритмів маршрутизації функцію виявлення сусідів також може реалізовувати протокол маршрутизації [7]. Слід зазначити, що алгоритми на основі flooding зазвичай не потребують BFD, адже дані у будь-якому випадку передаються всім сусіднім вузлам.

З урахуванням вищевказаного матеріалу можна зробити висновок про можливість застосування протоколу BFD у безпроводових сенсорних мережах.

Висновки. Сенсорні мережі є багатообіцяючими у області збирання інформації із віддалених місць. Ця сфера телекомунікацій розвивається, що пропонує багато простору для досліджень. Одним з напрямків дослідження є методи підвищення надійності безпроводових сенсорних мереж, що є важливим для багатьох способів застосування БСМ. У цій статті проаналізовано можливість підвищення надійності БСМ за допомогою протоколу BFD, що дозволяє підвищити швидкість виявлення відмови та прискорити відновлення зв'язності у мережі. Зроблено висновок про доцільність застосування на звичайних вузлах режиму BFD за запитом, а на вузлах-шлюзах - асинхронного режиму BFD. При цьому важливим є адаптація BFD до способів адресації та виявлення сусідніх систем, що застосовуються у безпроводових сенсорних мережах.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Akyildiz I., Weilian S., Sankaraubramaniam Y., and Cayirci E. (2002), "A Survey on sensor networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, pp. 102 - 114.
2. Katz D. and Ward D. (2010), "RFC 5880: Bidirectional Forwarding Detection (BFD)", *Internet Engineering Task Force*, vol. 1, available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc5880> (Accessed 12.02.2015).
3. Katz D. and Ward D. (2010), "RFC 5882: Generic Application of Bidirectional Forwarding Detection (BFD)", *Internet Engineering Task Force*, vol. 1, available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc5882> (Accessed 12.02.2015).
4. Doumit S. and Agrawal D. (2002), "Self-Organizing and Energy-Efficient Network of Sensors", *Proceedings of IEEE MILCOM 2002*, vol. 2, pp. 1245-1250.
5. Gutierrez J., Naeve M., Callaway E., Bourgeois M., Mitter V. and Heile B. (2001), "IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Power Low-Cost Wireless Personal Area Networks", *IEEE Network*, vol. 15, no. 5, pp. 12-19.
6. Callaway E., Gorday P., Hester L., Gutierrez J., Naeve M., Heile B. and Bahl V. (2002), "A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, no. 6, pp. 70-77.
7. Shen C., Srisathapornphat C. and Jaikaeo C. (2001), "Sensor Information Networking Architecture and Applications", *IEEE Personal Communications*, vol. 8, no. 4, pp. 52-59.

І.В. Уряднікова
к. т. н., доцент,
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

С.М. Чумаченко
д.т.н., старший науковий співробітник, начальник відділу,
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

С.В. Кармазін
науковий співробітник, л. сл.ц.з.,
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

О.М. Тесленко
начальник відділу, майор сл.ц.з.,
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНО-АНАЛІТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

***Анотація.** У статті дана оцінка ризиків і загроз на об'єктах критичної інфраструктури методом аналізу ієрархій. Доведено працездатність описаного методу на прикладі теплових електростанцій та теплових електроцентралей України. Отримано оцінку ризиків та загроз у числовому виразі, що забезпечує необхідний рівень пріоритету захисту критичних об'єктів.*

Ключові слова: *ризик, загроза, об'єкти критичної інфраструктури, теплоенергетика, аналіз ієрархій.*

И.В. Урядникова
к. т. н., доцент,
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

С.Н. Чумаченко
д.т.н., старший научный сотрудник, начальник отдела,
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

С.В. Кармазин
научный сотрудник, л. сл.г.з.,
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

А.Н. Тесленко
начальник отдела, майор сл.г.з.,
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Аннотация. В статье дана оценка рисков и угроз на объектах критической инфраструктуры методом анализа иерархий. Доказано работоспособность описанного метода на примере тепловых электростанций и тепловых электроцентралей Украины. Получена оценка рисков и угроз в числовом выражении, что обеспечивает необходимый уровень приоритета защиты критических объектов.

Ключевые слова: риск, угроза, объекты критической инфраструктуры, теплоэнергетика, анализ иерархий.

Uriadnikova I.
CSc., Associate Professor,
Ukrainian Research Institute of Civil Protection

Chumachenko S.
Doctor of Technical Sciences, Head of Department,
Ukrainian Research Institute of Civil Protection

Karmazin S.
Researcher, lieutenant of Civil Protection,
Ukrainian Research Institute of Civil Protection

Teslenko A.
Head of Department, Major of Civil Protection,
Ukrainian Research Institute of Civil Protection

APPLICATION OF EXPERT-ANALYTICAL METHODS TO ASSESS THE RISK OF EMERGENCY SITUATIONS ON CRITICAL INFRASTRUCTURE

Abstract. The paper assessed the risks and threats to critical infrastructure using analytic hierarchy process. Proved efficiency of the method described by the example of thermal power and heat elektrosentraly Ukraine. An assessment of the risks and threats quantified, providing the necessary level of priority the protection of critical facilities.

Keywords: risk, threat, critical infrastructure, power, hierarchy analysis.

Вступ. Захист важливої інфраструктури життєдіяльності суспільства стає одним із найважливіших пріоритетів держави. Важливість безпечного функціонування критичної інфраструктури, а саме об'єктів інфраструктури, є головним чинником забезпечення національної безпеки, сталого функціонування економіки, добробуту та захисту населення країни. У той же час, виникає проблема аналізу та виокремлення об'єктів критичної інфраструктури України, та оцінки реальних і потенційних загроз має створюватись система підтримки і прийняття рішень. Допоміжними важелями захисту критичної інфраструктури виступають саме параметри оцінювання ризиків та загроз на таких об'єктах критичної інфраструктури держави.

1. Основна частина. Вперше термін «критичної інфраструктури» з'явився в США до нього відносять системи, мережі та окремі об'єкти, порушення роботи або руйнування яких може призвести до величезних або навіть незворотних негативних наслідків для економіки, добробуту і здоров'я населення [1]. Перелік таких об'єктів включає системи забезпечення діяльності уряду, оборони, охорони здоров'я, кредитно-фінансового, банківського та науково-дослідного секторів, промисловості, енергетики, зокрема атомної, нафтогазового комплексу, забезпечення продовольством, транспорту, комунального господарства, включаючи

водопостачання, зв'язку та цивільної оборони [2]. Подібна термінологія міститься в Директиві Європейської Комісії № 786 від 2006р. [2], згідно з якою «до загальноєвропейської критичної інфраструктури відносять ті об'єкти національних критичних інфраструктур країн-членів ЄС, вплив яких в разі відмови, інциденту або зловмисного втручання поширюватиметься як на країну, де такий об'єкт розташований, так і на хоча б одну іншу країну-члена ЄС. До секторів критичної інфраструктури були віднесені: сільське господарство, продовольство, вода, здоровий спосіб життя, запасні (рятувальні) служби, бази оборонної промисловості, телекомунікації, енергетика, транспорт, банківська справа та фінанси, хімічна промисловість і небезпечні речовини, поштове обслуговування [2,3]. Концепція захисту критичної інфраструктури реалізована також в таких розвинених країнах, як Канада, Австралія, Великобританія. Термін «Критична інфраструктура» введено в нормативно-законодавчі акти багатьох держав, його термінологія дещо відрізняється, але ці відмінності не істотні. В джерелах [2-14] містяться основні визначення поняття критична інфраструктура в різних країнах.

В Україні захист об'єктів критичної інфраструктури регламентується більшістю нормативно-правових актів для внутрішньовідомчого використання. На сьогоднішній момент в чинному законодавстві визначено ряд категорій об'єктів, для яких регламентуються особливі умови забезпечення захисту [3,4,15 - 28]. Відсутність терміну «критична інфраструктура» в українському законодавстві, відсутність переліку об'єктів, які слід віднести до неї, перешкоджають ефективному виконанню п.6 рішення Ради національної безпеки і оборони України від 1 березня 2014 року «Про невідкладні заходи щодо забезпечення національної безпеки, суверенітету і територіальної цілісності України» (введеного в дію указом Президента України №189/2014 від 02.03.2014р.), на виконання якого Міністерству внутрішніх справ України наказується забезпечити «посилену охорону об'єктів енергетики та критичної інфраструктури».

Сьогодні в Україні робочою групою українських експертів, створеною при Національному інституті стратегічних досліджень, за сприяння Офісу зв'язку НАТО в Україні, а також за участі експертів з країн-членів Альянсу, було підготовлено проект Зеленої книги з питань захисту критичної інфраструктури в Україні [29], де будуть розроблені рекомендації щодо подальших кроків у напрямі забезпечення захисту критичної інфраструктури в Україні. Дана Зелена книга розроблена з метою сприяння експертному обговоренню на національному рівні основних проблем запровадження концептуального підходу «захист критичної інфраструктури» в Україні та можливих напрямів їх розв'язання.

Загрози для об'єктів критичної інфраструктури оцінюються із застосуванням різноманітних методик та прикладного програмного забезпечення, в основі яких лежить загальна методологія оцінки ризиків, причому ключовою особливістю оцінки ризиків для критичної інфраструктури є врахування численних взаємозв'язків та залежностей [30].

2. Експериментальні дослідження. Для дослідження оцінки ризиків та загроз на об'єктах критичної інфраструктури ми вирішили обрати саме сферу теплоенергетики. Нами вирішено було взяти в якості прикладу всі об'єкти ТЕЦ і ТЕС, які знаходяться на сході України як найбільш небезпечні об'єкти вихід з ладу яких може призвести до неможливості проживання населення на зазначеній території, проведення там господарчої діяльності, загибелі людей або до значних матеріальних збитків.

Таку оцінку було зроблено за допомогою методу «аналізу ієрархій» Т. Сааті.

Метод аналізу ієрархій є загальною теорією виміру. Він застосовується для виведення шкал відносин як з дискретних, так і з безперервних парних порівнянь в багаторівневих ієрархічних структурах. Порівняння можна провести на основі реальних вимірів або за допомогою фундаментальної шкали, яка відображає відносну силу уподобань і відчуттів. Метод аналізу ієрархій має специфічні аспекти, пов'язані з відхиленням суджень від узгодженості і з вимірюванням цього відхилення, а також із залежністю усередині груп (рівнів) та між групами елементів ієрархічної структури. Цей метод знайшов широке застосування в задачах багатокритеріального прийняття рішень, стратегічного планування і розподілу ресурсів, а також у задачах вирішення конфліктів. Крім того, він вельми успішно застосовувався для прогнозування. У загальному випадку метод аналізу ієрархій призначений

для аналізу нелінійних структур, які застосовуються для виконання як дедуктивного, так і індуктивного виводу без використання силогізму, а також для одночасного розгляду безлічі факторів з урахуванням залежностей і зворотних зв'язків між ними і для знаходження компромісу в процесі виведення результату [31].

Для розрахунку найбільш небезпечних об'єктів теплоенергетики використаний метод «Аналізу ієрархій» за допомогою програми «Аналіз ієрархій. Версія 1» [32] на прикладі пріоритету захисту теплової електростанції України, яка становить найбільшу загрозу для держави в цілому, за критеріями визначеними групою експертів.

В Україні діють 15 крупних теплових електростанцій потужністю понад 1 млн. кВт кожна. Вони працюють на вугіллі, природному газі, мазуті і дизельному паливі. Із загального об'єму видобутку вугілля переважає енергетичне вугілля, яке використовується переважно для виробництва електро- і теплоенергії.

Основні теплові електростанції зосереджені в Донбасі. Серед них найбільшими є Вуглегірська - 3,6 млн. кВт, Миронівська, Луганська, Старобешівська — по 2,4 млн. кВт кожна, Зуївська і Зуївська-2, Слов'янська, Курахівська, Штерівська. Тут же функціонує могутня лінія електропередачі Донбас — західні області України.

У Придніпров'ї, з його сировинною базою і наявністю гідроенергоресурсів, на відміну від Донбасу, також переважає виробництво електроенергії на ТЕС.

Основа енергетики цього району складають великі Криворізька ГРЕС і Криворізька ГРЭС-2 потужністю 3 млн. кВт кожна, а також Придніпровська (біля м. Дніпропетровська) — 2,4 млн. кВт і Запорізька (м. Энергодар) — 3,6 млн. кВт. З Донбасом і Придніпров'ям лініями електропередачі зв'язані теплові електростанції, розташовані біля Харкова. Серед них своєю потужністю виділяється Зміївська ГРЕС (2,4 млн. кВт), яка працює на природному газі Шебелинського родовища.

Крупні теплові електростанції працюють під Києвом, і в самому місті, забезпечуючи столицю і її промислові підприємства гарячою водою і електроенергією. Це, перш за все, ТЕЦ-3, ТЕЦ-4, ТЕЦ-5, наймогутніша в Україні ТЕЦ-6, Трипільська ГРЕС.

Теплопостачання промислових і побутових споживачів ґрунтується на використанні централізованих теплоджерел, їх частка перевищує 80%.

Сьогодні, в структурі централізованого теплопостачання найбільшу питому вагу мають котельні установки 62%, частка теплових електростанцій складає 33 %, установок утилізації 4,8 %, решта вироблення тепла (0,2%) здійснюється іншими установками. Теплова потужність теплоелектроцентралей складає 132,8 тис. ГДж/год, котельних - 708,9 тис. ГДж/год. Кількість централізованих котельних потужністю більше 84 ГДж/год складає 2780, при цьому середня потужність однієї котельної 255 ГДж/год.

Потенціал теплоенергетики України складають 44 електростанції з яких 14 великих.

Альтернативами ж в нашому дослідженні виступають теплові електростанції та теплові електроцентралі, які найбільш значимі за критеріальними показниками на території України.

Теплові електростанції:

1. Запорізька ТЕС.
2. Криворізька ТЕС.
3. Придніпровська ТЕС.
4. Зуївська ТЕС.
5. Курахівська ТЕС.
6. Луганська ТЕС.
7. Старобешівська ТЕС.
8. Слов'янська ТЕС.
9. Вуглегірська ТЕС.

Теплові електроцентралі:

1. Харківська ТЕЦ-5.
2. Херсонська ТЕЦ.
3. Київська ТЕЦ-5.

4. Сєвєродонєцька ТЕЦ.
5. Черкаська ТЕЦ.
6. Одеська ТЕЦ.
7. Сімферопольська ТЕЦ.
8. Дніпродзержинська ТЕЦ.
9. Чернігівська ТЕЦ.

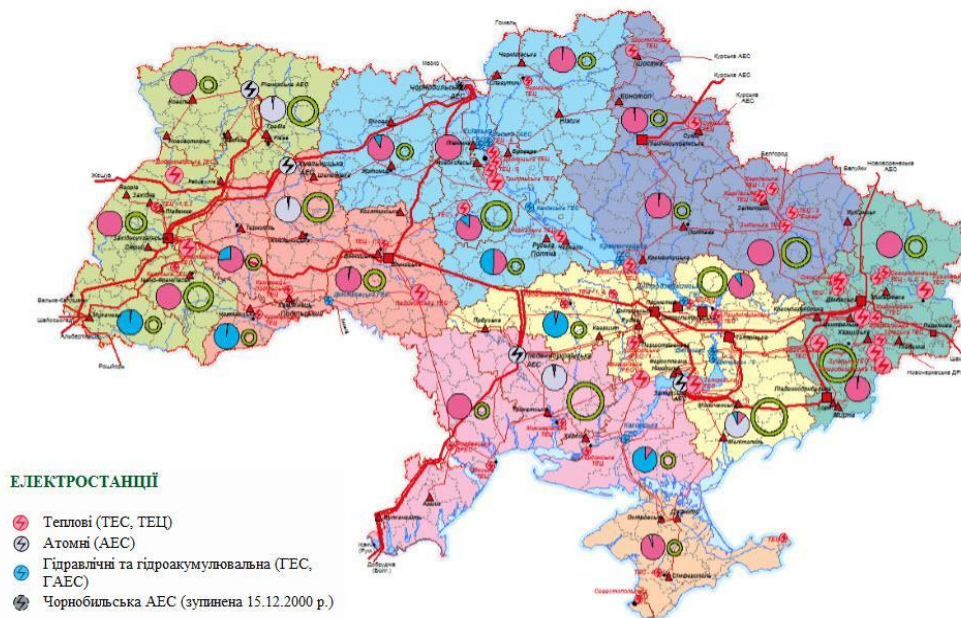


Рис. 1. Теплові електростанції (ТЕС) та теплові електроцентралі (ТЕЦ) на території України

Отже, коли ми визначили критерії для альтернатив, далі відбувається побудова ієрархії за методом Т. Сааті, яка представлена на рис. 2.

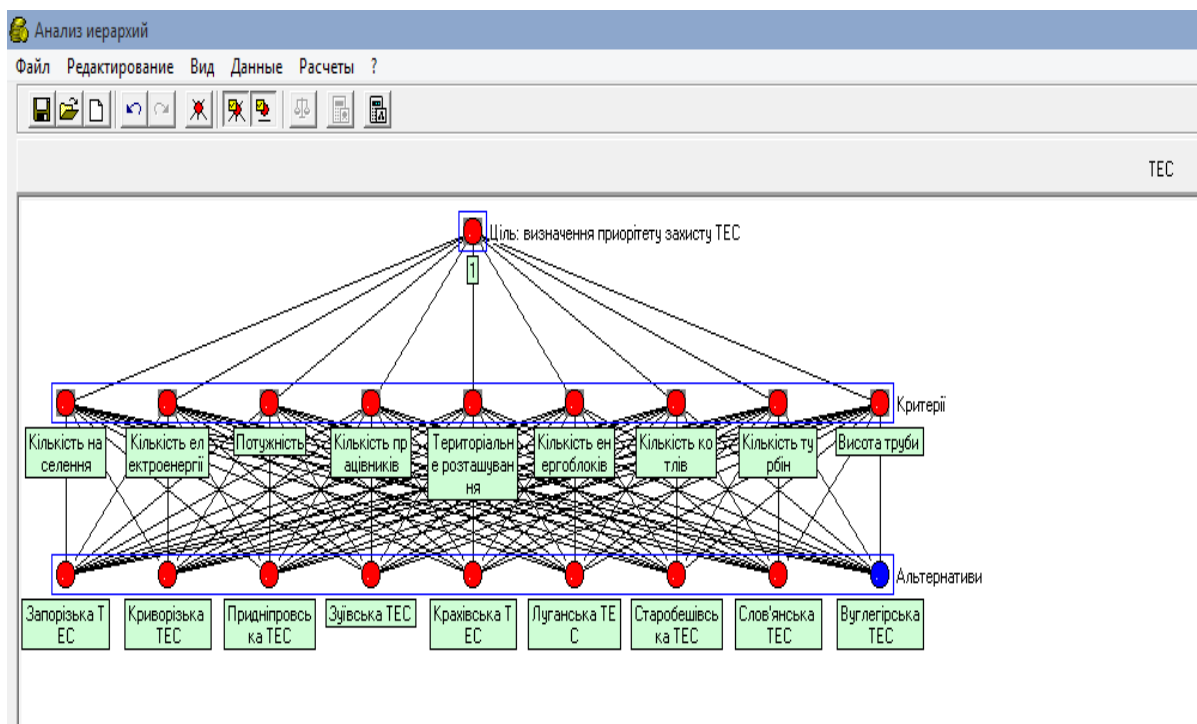


Рис. 2. Ієрархія оцінки ТЕС

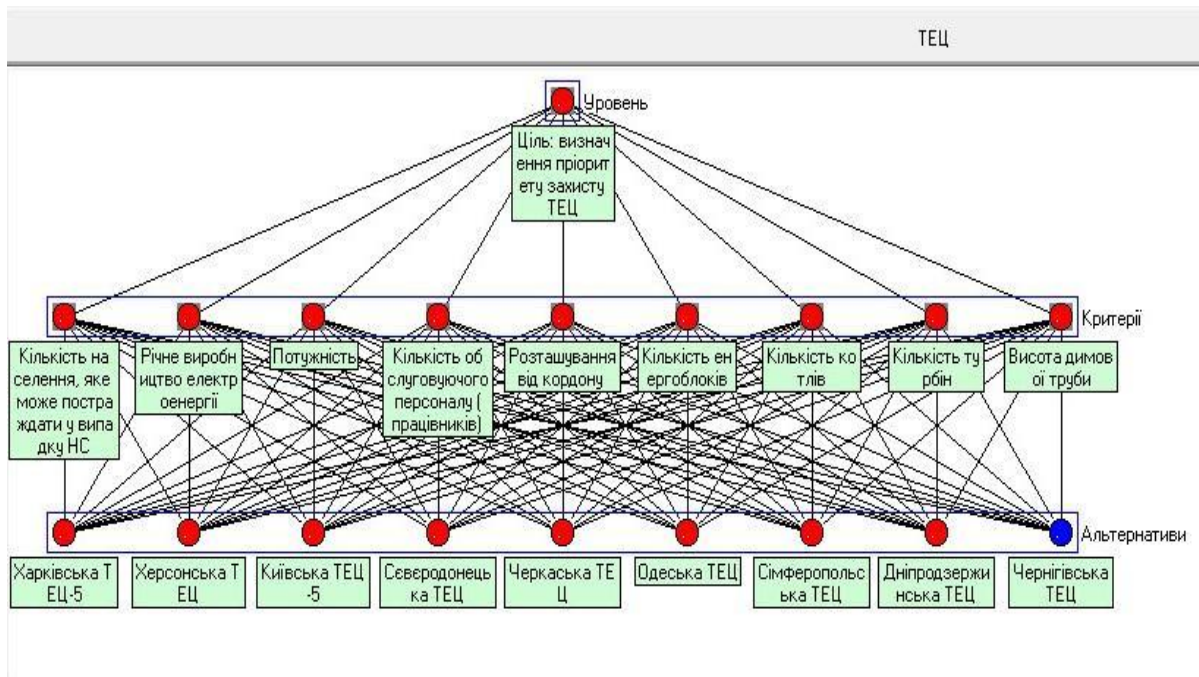


Рис. 3. Ієрархія оцінки ТЕЦ

Наступним етапом методу є парне порівняння елементів та критеріїв ієрархії за допомогою фундаментальної шкали, яка представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Фундаментальна шкала парних порівнянь

Кількісні вираження градацій	Градації шкали (судження)	Пояснення
1	Однаково важливі	Елементи рівні за своїм значенням
3	Ненабагато важливіші (слабка перевага)	Існують вербальні висловлювання щодо пріоритету одного елементу над іншим (ці висловлювання не досить переконливі)
5	Суттєво важливіші (сильна перевага)	Існують вагомі докази та логічні критерії, які можуть показати, що один з елементів більш важливий
7	Значно важливіші (дуже сильна перевага)	Існує переконливий доказ великої значущості одного елемента в порівнянні з іншим
9	Абсолютно важливіші (абсолютна перевага)	Усвідомлення пріоритету одного елементу над іншим максимально підтверджується
2,4,6,8	Проміжні оцінки	Рівноважливі елементи (потрібен певний компроміс)

Спершу, потрібно здійснити порівняння обраних критеріїв для дослідження, які визначені вище. В цьому нам допоможуть визначене коло експертів, які зроблять суб'єктивну оцінку порівняння критеріїв ієрархії за допомогою фундаментальної шкали, що представлена в таблиці 1.

Далі відбувалося парне порівняння альтернатив відповідно до кожного обраного нами критерію та оціненого експертами. Після чого будується супер матриця, яка буде представлена у вигляді множини отриманих попередніх результатів порівняння, при підрахунку якої отримаємо результат нашого дослідження (рис.4).

Аналізуючи діаграму отриманих результатів, можна зробити наступний висновок: пріоритетом захисту теплової електростанції України є Вуглегірська ТЕС (рис.5), а пріоритетом захисту теплової електроцентралі – Київська ТЕЦ-5 (рис. 6).

Висновки

Захист об'єктів критичної інфраструктури в надзвичайних ситуаціях соціально-політичного та воєнного характеру на сьогодні в Україні мають першочергове значення. Тому оцінка ризиків і загроз на енергетичних об'єктах, що відносяться до критичної інфраструктури і, в першу чергу, в теплоенергетичних системах – ТЕЦ, ТЕС і АЕС, вихід з ладу яких може призвести до неможливості проживання населення на зазначеній території, проведення там господарчої діяльності, загибелі людей або до матеріальних збитків є важливою і актуальною.

Працездатність описаного методу доведено на прикладі теплових електростанцій та теплових електроцентралей України. Розв'язавши описаний приклад, було отримано оцінку ризиків та загроз у числовому виразі, що забезпечує необхідний рівень пріоритету захисту критичних об'єктів.

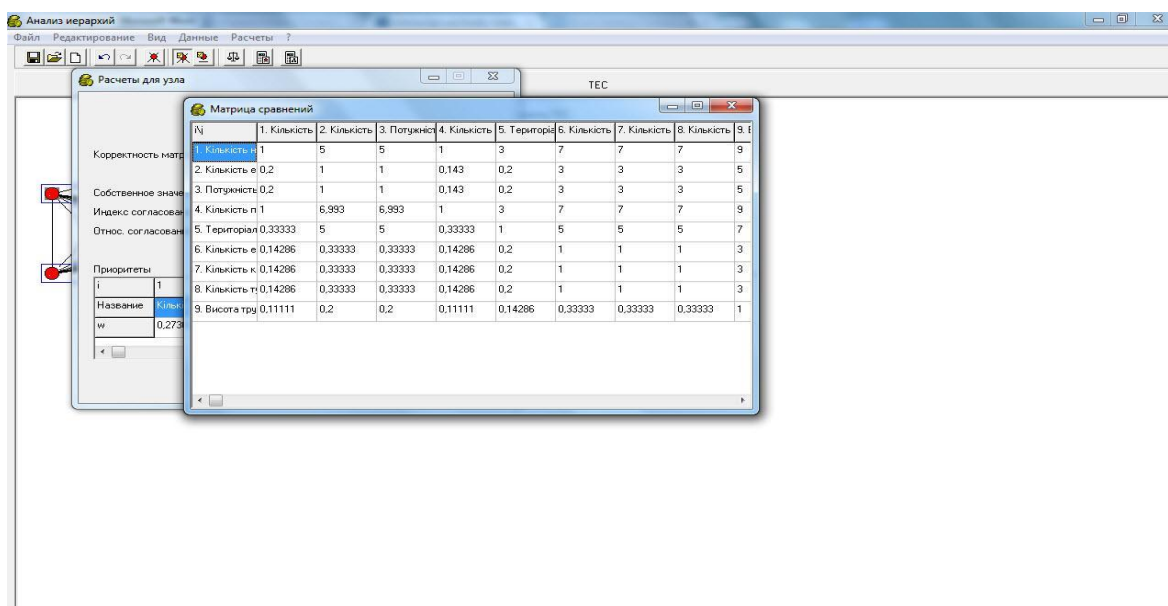


Рис. 4. Матриця порівнянь критеріїв

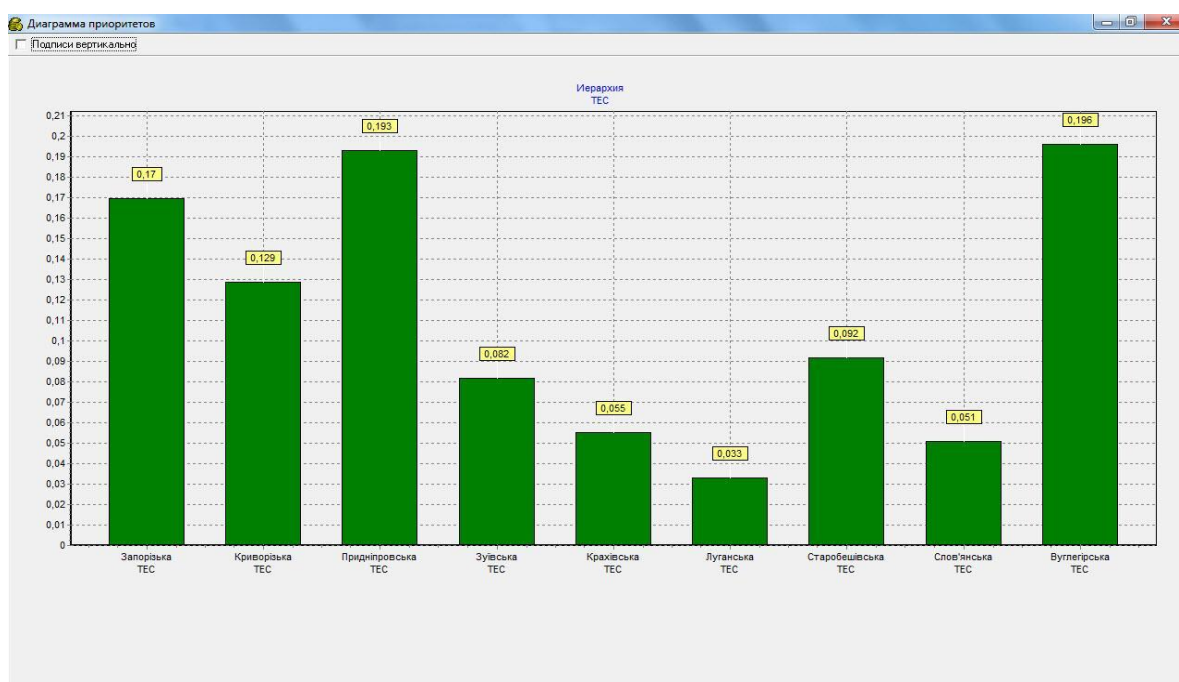


Рис. 5. Діаграма результатів дослідження по ТЕС.

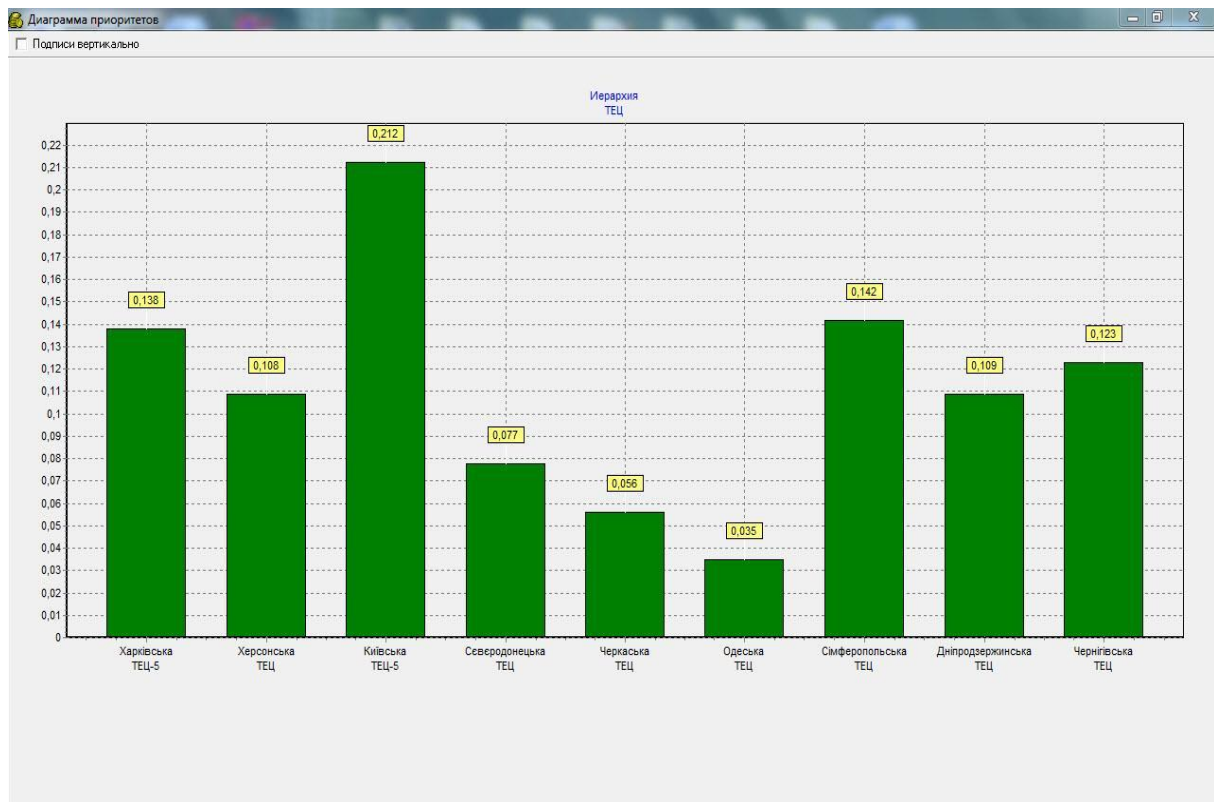


Рис. 6. Діаграма результатів дослідження по ТЕЦ.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Uniting and strengthening America by providing appropriate tools required to intercept and obstruct terrorism (PATRIOT ACT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://frwebgate.access.gpo.gov>.
2. European programme for critical infrastructure protection (COM/2006/786 final). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu>
3. Бірюков Д. С. Стратегія захисту критичної інфраструктури в системі національної безпеки держави / Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов // Стратегічні пріоритети. – 2012. – № 3(24). – С. 107–113.
4. Бірюков Д. С. Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні / Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов. – К.: НІСД, 2012. – 96 с.
5. Про доцільність та особливості визначення критичної інфраструктури в Україні. Аналітична записка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1026/>.
6. Гнатюк С.О., Лядовська В.М. Критерії визначення елементів критичної інфраструктури держави. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nauka.zinet.info/23/gnatyuk.php>.
7. Гриняев. С. О взгляде на проблему безопасности критической инфраструктуры в государстве израиль. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.csef.ru>.
8. Поняття про критичну інфраструктуру. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mailswm.com/ponyattya-pro-kritichnu-infrastrukturu/>.
9. Konceptia kritickej infraštruktúry v Slovenskej republike a spôsob jej och rany a obrany [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minv.sk/?ochranakritickej-infrastruktury&subor=10691>
10. Národný program pre ochranu a obranu kritickej infraštruktúry v Slovenskej re- publike [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minv.sk/?ochranakritickej-infrastruktury&subor=10692>

11. Special underground facilities (UGF-s) serving for the critical infrastructure // New challenges in the field of military science : international scientific conference. – 2006. – November 7-8 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hadmernok.hu/kulonszamok/newchallenges/szalai.html#12>
12. Закон за управление на кризи / Българският правен портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lex.bg/forum/viewtopic.php?t=38583>
13. Наредба за реда, начина и компетентните органи за установяване на критичните інфраструктури и обектите им и оцінка на ризика за тях // Българският правен портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lex.bg/bg/mobile/ldoc/2135816878>
14. Muresan, L. Critical infrastructures protection a Romanian perspective / L. Muresan, S. Caseu // Risk and security in the global world. – Summer school, 2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bsu.ase.ro/oldbsu/anexe/lectures2010/>
15. Постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2004 № 1734 «Про затвердження переліку підприємств, які мають стратегічне значення для економіки та безпеки держави».
16. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.08.2002 р. № 1288 «Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів».
17. Закон України від 18.01.2001 № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
18. Перелік особливо небезпечних підприємств, припинення діяльності яких потребує проведення спеціальних заходів щодо запобігання заподіяння шкоди життю та здоров'ю громадян, майну, спорудам, навколишньому природному середовищу / Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 06.05.2000 № 765.
19. Постанова Кабінету Міністрів України № 1051 від 15.08.2007 (для службового користування).
20. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 серпня 1993 р. № 615 «Про заходи щодо вдосконалення охорони об'єктів державної та інших форм власності» (із змінами).
21. Постанова Кабінету Міністрів України від 24.04.99 року № 675-019 «Щодо затвердження Переліку об'єктів, які підлягають охороні і обороні в умовах надзвичайних ситуацій і в особливий період».
22. Постанова Кабінету Міністрів України від 28.07.2003 № 1170 «Про затвердження переліку особливо важливих об'єктів електроенергетики, які підлягають охороні відомчою воєнізованою охороною у взаємодії із спеціалізованими підрозділами інших центральних органів виконавчої влади».
23. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.05.2009 № 578-р «Про затвердження переліку особливо важливих об'єктів нафтогазової галузі».
24. Закон України від 10.01.2002 № 2919-III «Про Національну систему конфіденційного зв'язку» (із змінами).
25. Закон України від 05.04.2001 № 2346-III «Про платіжні системи та переказ коштів в Україні».
26. Закон України від 13.03.2012 № 4499-VI «Про систему екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112».
27. Закон України від 14.12.1999 № 1281-XIV «Про аварійно-рятувальні служби» (із змінами).
28. Закон України від 08.06.2000 № 1805-III «Про охорону культурної спадщини».
29. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні. [Електронний ресурс]. http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_table/1125_zelknuga.pdf
30. Giannopoulos G., Filippini R., Schimmer M. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. // JRC Technical Notes. – 2012. – Part 1. – P. 1-53.
31. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер с англ. / Науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
32. Програма «Анализ иерархий. Версия 1». ЗАО «Научно-исследовательский центр математического моделирования и нейросетевых технологий «Нейросплав»». – Рязань, 2001. Режим доступа: www.neirosplav.com.

References:

1. Uniting and strengthening America by providing appropriate tools required to intercept and obstruct terrorism (PATRIOT ACT) [Electron resource]. – Mode of access: <http://frwebgate.access.gpo.gov>.
2. European programme for critical infrastructure protection (COM/2006/786 final). – [Electron resource]. - Mode of access: <http://eur-lex.europa.eu>
3. Biryukov DS Strategy Critical Infrastructure Protection in the national security state / D.S. Biryukov, C. I. Kondrashov // Strategic Priorities. - 2012. - № 3 (24). - P. 107-113.
4. Biryukov DS Critical Infrastructure Protection: Challenges and prospects for implementation in Ukraine / DS Biryukov, S. Kondrashov. - K. : NISS, 2012. - 96 p.
5. On the feasibility and features of the critical infrastructure in Ukraine. Policy Brief. [Electronic resource]. - Access: <http://www.niss.gov.ua/articles/1026/>.
6. Hnatiuk SO, VM Lyadovska Criteria for elements of critical infrastructure of the state. [Electronic resource]. - Access: <http://nauka.zinet.info/23/gnatyuk.php>.
7. Hrynyaev. C. O Devices to issue safety krytycheskoy infrastructure in the state israel. [Electronic resource]. - Access: <http://www.csef.ru>.
8. The concept of critical infrastructure. [Electronic resource]. - Access: <http://mailswm.com/ponyattya-pro-kritichnu-infrastrukturu/>.
9. Konceptia kritickej infraštruktúry v Slovenskej republike a spôsob jej ochrany a obrany [Electron resource]. – Mode of access: <http://www.minv.sk/?ochranakritickej-infrastruktury&subor=10691>
10. Národný program pre ochranu a obranu kritickej infraštruktúry v Slovenskej republike [Electron resource]. – Mode of access: <http://www.minv.sk/?ochranakritickej-infrastruktury&subor=10692>
11. Special underground facilities (UGF-s) serving for the critical infrastructure // New challenges in the field of military science : international scientific conference. – 2006. – November 7-8 [Electron resource]. – Mode of access: <http://hadmernok.hu/kulonszamok/newchallenges/szalai.html#12>
12. Закон за управление на кризи / Българският правен портал [Electron resource]. – Mode of access: <http://www.lex.bg/forum/viewtopic.php?t=38583>
13. Наредба за реда, начина и компетентните органи за установяване на критичните инфраструктури и обектите им и оценка на риска за тях // Българският правен портал [Electron resource]. – Mode of access: <http://www.lex.bg/bg/mobile/doc/2135816878>
14. Muresan, L. Critical infrastructures protection a Romanian perspective / L. Muresan, S. Caceu// Risk and security in the global world. – Summer school, 2010 [Electron resource]. – Mode of access: <http://bsu.ase.ro/oldbsu/anexe/lectures2010/>
15. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 23.12.2004 № 1734 "On the list of companies that have strategic importance for the national economy and security."
16. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 29.08.2002 p. № 1288 "On approval of the State Register of potentially dangerous objects."
17. Law of Ukraine of 18.01.2001 № 2245-III «About an increased risk."
18. The list of especially hazardous enterprises, the termination of which requires special measures to prevent injury to life and health of citizens, property, buildings, environment / approved. Cabinet of Ministers of Ukraine of 06.05.2000 № 765.
19. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 15.08.2007 № 1051 (for official use).
20. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 10 August 1993 p. № 615 "On measures to improve the protection of state and other forms of property" (as amended).
21. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 24.04.99, the № 675-019 «On approval of the list of sites under protection and defense in emergencies and in the special period."
22. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 28.07.2003 № 1170 "On the list of critical energy facilities to protected departmental militarized guard in cooperation with the specialized units of other central authorities."
23. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 27.05.2009 № 578-p "On the list of critical facilities oil and gas industry."

24. Law of Ukraine of 10.01.2002 № 2919-III «About National system of confidential communication" (as amended).
25. Law of Ukraine of 05.04.2001 № 2346-III «On Payment Systems and Money Transfer in Ukraine".
26. Law of Ukraine of 13.03.2012 № 4499-VI «On the system of emergency care at a single telephone number 112".
27. Law of Ukraine of 14.12.1999 № 1281-XIV «About emergency services" (as amended).
28. Law of Ukraine of 08.06.2000 № 1805-III «On protection of cultural heritage."
29. Green Paper on Critical Infrastructure Protection in Ukraine. [Electronic resource]: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_table/1125_zelknuga.pdf
30. Giannopoulos G., Filippini R., Schimmer M. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. // JRC Technical Notes. – 2012. – Part 1. – P. 1-53.
31. Saaty T.L. Decision-making at the dependencies and feedback: The analytic network. Lane from English. / Sci. Ed. A.V. Andreychikov, O.N. Andreichikova. - M.: Publishing LCI, 2008. - 360 p.
32. The "Analysis of hierarchies. Version 1". JSC "Research Center of mathematical modeling and neural network technologies" Neyrosplav. "'- Ryazan, 2001. Access: www.neirosplav.com.

УДК 351.321

Т.О. Прищепа
старший викладач

Т.О. Ханіна
спеціаліст,
Інститут телекомунікаційних систем,
Національний технічний університет України «КПІ»

СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ ІЗ ЛІТАЮЧИМ ВУЗЛОМ

Анотація: Розглядається нове направлення дослідних робіт в області всепроникаючих сенсорних мереж - літаючі сенсорні мережі. Запропоновано архітектурні рішення по їх створенню, а також метод вибору точки збору інформації в літаючих сенсорних мережах.

Ключові слова: всепроникні сенсорні мережі, літаючі сенсорні мережі, Інтернет Речей, кластеризація.

Т.А. Прищепа
старший преподаватель

Т.О. Ханина
спеціаліст,
Институт телекоммуникационных систем,
Національний технічний університет України «КПІ»

СЕНСОРНЫЕ СЕТИ С ЛЕТАЮЩИМ УЗЛОМ

Аннотация: Рассматривается новое направление исследовательских работ в области всепроникающих сенсорных сетей — летающие сенсорные сети. Предложены архитектурные решения по их созданию, а также метод выбора точки сбора информации в летающих сенсорных сетях.

Ключевые слова: всепроникающие сенсорные сети, летающие сенсорные сети, Интернет Вещей, кластеризация.

Prishepa T.

Hanina T.
Students of Institute of Telecommunication Systems

FLYING SENSOR NETWORKS

Abstract: A new direction of research in the field of ubiquitous sensor networks - flying sensor networks. Proposed architectural solutions for their creation, as well as the method of choice in terms of gathering information in the flying sensor networks.

Keywords: pervasive sensor networks, flying sensor networks, Internet of Things, clustering.

Введение. В последние годы исследования в области ВСС постепенно переходят от изучения характеристик на плоскости к моделям в трехмерном пространстве [14, 15]. В статье предлагается новая область применения технологий ВСС — летающие сенсорные сети (ЛСС). При этом в качестве летающих узлов используются общедоступные беспилотные летающие

аппараты типа Phantom. Это позволяет рассматривать такие сети как будущий элемент сетей связи общего пользования (ССОП), естественно, при наличии шлюза с ССОП.

В качестве приложений ЛСС может рассматриваться мониторинг: объектов в трехмерном пространстве (в том числе для жилых помещений), сельскохозяйственных угодий, транспортных средств и т. д. Работы по исследованию ЛСС проводятся в лаборатории Интернета Вещей СПбГУТ, возможности которой рассматриваются ниже.

Анализ исследований и публикаций. Прошло уже почти десять лет с того момента, как в журнале «Электросвязь» была опубликована первая статья по всепроникающим сенсорным сетям (ВСС) и их роли в развитии общества в целом [1]. За это время научной школой кафедры сетей связи СПбГУТ были проведены масштабные исследования в области определения характеристик трафика ВСС [2–5], разработки алгоритмов выбора головных узлов кластера [6–8], особенностей обеспечения сетевой безопасности в сенсорных сетях [9, 10]. С появлением концепции Интернета Вещей [11–13] это направление получило дополнительный импульс в развитии, поскольку ВСС являются технологической основой реализации концепции Интернета Вещей.

Изложение основного материала

Лаборатория Интернета Вещей. Открыта в СПбГУТ в декабре 2013 г. [16].

Основные задачи лаборатории:

zz разработка Интернета Вещей, участие в стартап-проектах, демонстрация проектов инвесторам;

zz проведение научных (теоретических и прикладных) исследований в области телекоммуникаций с широким участием магистров и аспирантов;

zz организация регулярных профессиональных обсуждений исследовательских проектов и их результатов в формате семинаров (круглых столов);

zz мониторинг тенденций развития зарубежной и отечественной науки в области телекоммуникаций;

zz взаимодействие с российскими и зарубежными научными центрами, участие сотрудников вуза в научных конференциях, семинарах и симпозиумах, проводимых в России и за рубежом.

Возможности лаборатории Интернета Вещей для исследований, проектирования и тестирования в рамках данной концепции довольно широкие. В составе лаборатории имеется оборудование для создания испытательных стендов по тестированию сенсорных сетей и систем локального позиционирования, подобран обширный перечень датчиков, исполнительных механизмов и устройств на базе открытых аппаратных платформ: Arduino Yun, Intel Galileo, RaspberryPi. На рис. 1 показана структура испытательного стенда, функционирующего для отработки исследовательских задач. В лаборатории развернут программно-аппаратный комплекс для моделирования и исследования свойств трафика в сетях приложений Интернета Вещей.

Как показал опыт преподавания курса «Интернет Вещей», студентам наиболее интересно разрабатывать собственные устройства в рамках данной концепции, реализуя свои идеи. Так, в весеннем семестре каждый студент-старшекурсник принял участие в разработке Интернет Вещи.

Наиболее удачные из них демонстрировались на международной академической конференции «Калейдоскоп-2014».

Из реализованных проектов можно отметить:

zz Wake Up coffee — модуль и приложение, позволяющие дистанционно управлять чайником или кофеваркой со смартфона (включение/выключение, контроль уровня воды, расход электроэнергии, температура воды);

zz The Pandject — модуль и приложение, организующие поиск потерянных вещей, оснащенных миниатюрным Bluetooth-модулем. На базе данного проекта была успешно реализована система локального позиционирования на базе технологии Bluetooth;

zz Weathernet — миниатюрный программно-аппаратный комплекс, позволяющий получать прогноз погоды с высокой достоверностью;

zz «Пожарник» — комплекс по мониторингу состояния здоровья сотрудников МЧС в момент выполнения служебных обязанностей;

zz «Smart Models» — программно-аппаратный комплекс, с помощью которого можно собирать, обрабатывать и передавать данные в системы поддержки принятия решений для последующего анализа.

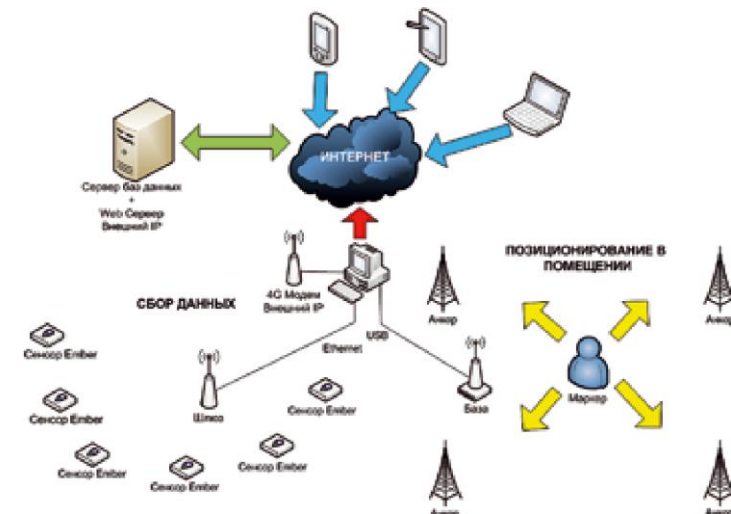


Рис. 1. Структура испытательного стенда в лаборатории Интернета Вещей

Как известно, для проведения аттестации и организации серийных испытаний беспроводных сенсорных сетей необходимо иметь комплекс методик тестирования.

Коллективом кафедры совместно с аспирантами и магистрами были разработаны методики по структуре тестирования совместимости и спецификации тестов совместимости для технологий ZigBee, 6 LoWPAN, RPL [17].

В настоящее время в лаборатории Интернета Вещей завершается создание модельной ЛСС с использованием в качестве технических средств общедоступных БПЛА Phantom 2 и радиомодулей с операционной системой Contiki.

Архитектурные решения для ЛСС. Поскольку ЛСС являются одним из видов ВСС, архитектурно они могут быть построены как одноранговые, так и иерархические (кластерные) сети. Кроме того, ЛСС включают, по крайней мере,

два сегмента сети: наземный и летающий. Естественно, что каждый из них также может быть построен не только с иерархией, но и без нее.

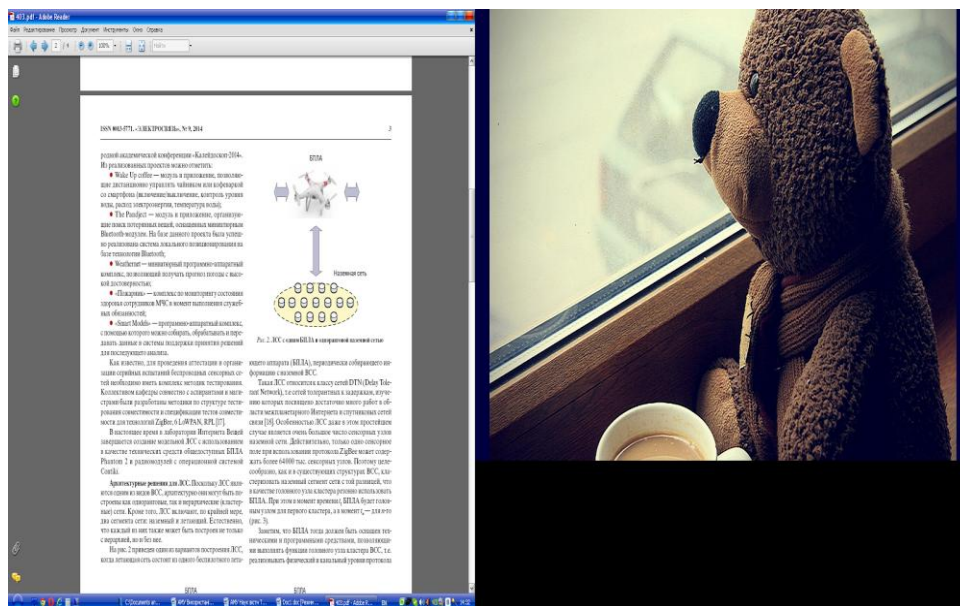


Рис. 2. ЛСС с одним БПЛА и одноранговой наземной сетью

На рис. 2 приведен один из вариантов построения ЛСС, когда летающая сеть состоит из одного беспилотного летающего аппарата (БПЛА), периодически собирающего информацию с наземной ВСС.

Такая ЛСС относится к классу сетей DTN (Delay Tolerant Network), т.е. сетей толерантных к задержкам, изучению которых посвящено достаточно много работ в области межпланетарного Интернета и спутниковых сетей связи [18]. Особенностью ЛСС даже в этом простейшем случае является очень большое число сенсорных узлов наземной сети. Действительно, только одно сенсорное

поле при использовании протокола ZigBee может содержать более 64 000 тыс. сенсорных узлов. Поэтому целесообразно, как и в существующих структурах ВСС, кластеризовать наземный сегмент сети с той разницей, что в качестве головного узла кластера резонно использовать БПЛА. При этом в момент времени t_1 БПЛА будет головным узлом для первого кластера, а в момент t_n — для n -го (рис. 3).

Заметим, что БПЛА тогда должен быть оснащен техническими и программными средствами, позволяющими выполнять функции головного узла кластера ВСС, т. е. реализовывать физический и канальный уровни протокола IEEE 802.15.4, поддерживать обмен информацией по протоколам ZigBee, 6LoWPAN, RPL, обеспечивать реконфигурацию кластера, особенно для мобильного наземного сегмента ЛСС и т. д. Поэтому мы и назвали предложенные в статье сети — летающими сенсорными сетями.

На рис. 4 приведена архитектура ЛСС с несколькими БПЛА, которые могут взаимодействовать между собой и с наземным сегментом ВСС.

Для такой архитектуры сети актуальным становится вопрос об организации кластерной сети для летающего сегмента ВСС, тем более что использование множества БПЛА позволяет избавиться от ограничений, налагаемых структурой сетей, толерантных к задержкам. Естественно, что кластеризация возможна и для наземного сегмента.

В качестве алгоритма кластеризации для летающего сегмента ЛСС можно предложить имеющий хорошие характеристики для трехмерного пространства алгоритм максимального покрытия МСА (Maximum Coverage Algorithm) [14], а для наземного сегмента — один из эффективных алгоритмов кластеризации ВСС для плоскостных моделей, например, алгоритм, основанный на диаграммах Вороного и методах нечеткой логики [19].

Важнейшим вопросом для всех указанных выше архитектурных решений по построению ЛСС является вопрос о том, в какой точке пространства наиболее эффективно собирать информацию от сенсорных узлов наземной сети.

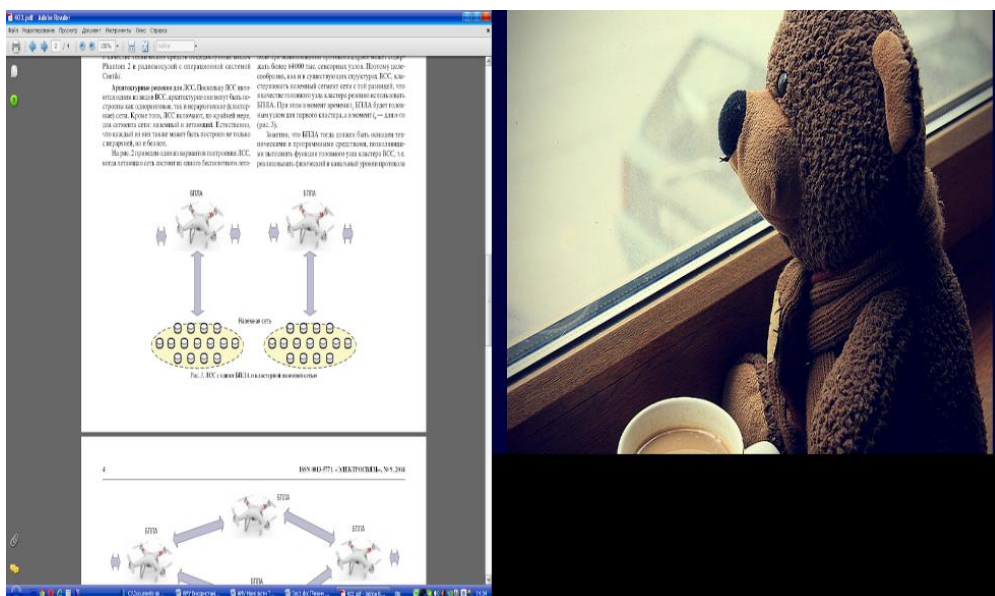


Рис. 3. ЛСС с одним БПЛА и кластерной наземной сетью

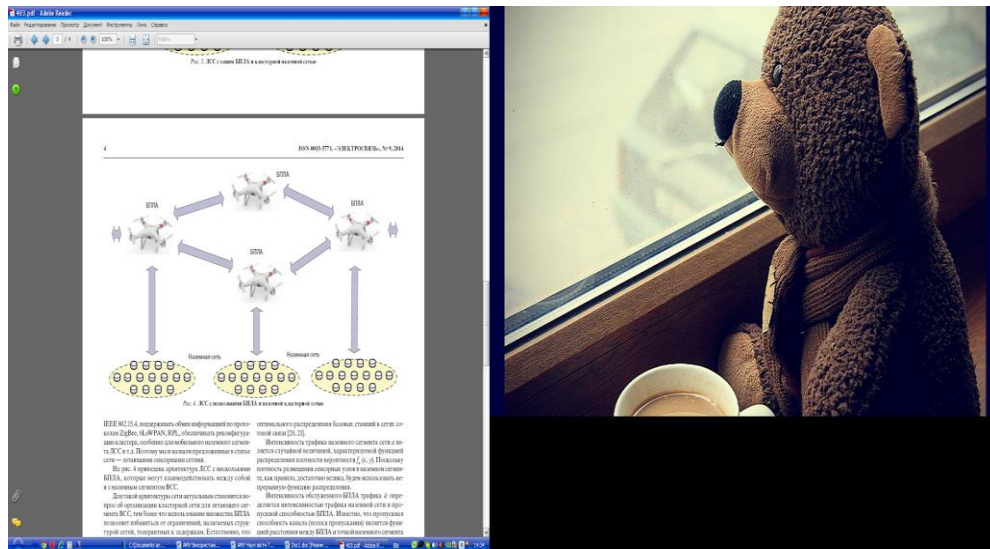


Рис. 4. ЛСС с несколькими БПЛА и наземной кластерной сетью

Метод выбора точки сбора информации посредством БПЛА. Каждый из узлов наземного сегмента ЛСС можно рассматривать как источник трафика, содержащего информацию о событии, явлении, процессе и т. д. Некоторое пространственное распределение трафика образуют N таких узлов. Представляется целесообразным собирать информацию в точке, соответствующей максимальному значению трафика данного распределения. Для определения такой точки можно воспользоваться методикой, применяемой для оптимального распределения базовых станций в сетях сотовой связи [20, 21].

Интенсивность трафика наземного сегмента сети a является случайной величиной, характеризуемой функцией распределения плотности вероятности $f_a(x,y)$. Поскольку плотность размещения сенсорных узлов в наземном сегменте, как правило, достаточно велика, будем использовать непрерывную функцию распределения.

Интенсивность обслуженного БПЛА трафика a определяется интенсивностью трафика наземной сети и пропускной способностью БПЛА. Известно, что пропускная способность канала (полоса пропускания) является функцией расстояния между БПЛА и точкой наземного сегмента ЛСС. Если пропускная способность канала больше интенсивности $b_i > a_i$ трафика наземной сети, то функция распределения вероятности обслуженного трафика повторяет функцию распределения трафика наземного сегмента $f_a(x,y)=f_a(x,y)$. В этом случае математическое ожидание (максимальное значение) величины обслуженного трафика будет совпадать с математическим ожиданием интенсивности трафика наземного сегмента сети.

Полагая, что $a_i < b_i$, максимум пропускной способности будет иметь место в точке (x_0, y_0) , определяемой математическим ожиданием величины a .

Поскольку интенсивность трафика наземной сети задана непрерывной функцией $a(x, y)$ при условии, что $a(x,y) < b(x,y)$, то

$$x_0 = \frac{1}{B} \iint_S x f_a(x, y) dx dy \text{ (м)} \quad x_0 = \frac{1}{B} \iint_S x f_a(x, y) dx dy \text{ (м)} \quad (1)$$

$$y_0 = \frac{1}{B} \iint_S y f_a(x, y) dx dy \text{ (м)} \quad y_0 = \frac{1}{B} \iint_S y f_a(x, y) dx dy \text{ (м)} \quad (2)$$

где

$$B = \iint_S f_a(x, y) dx dy \left(\frac{\text{бит}}{с}\right) \quad B = \iint_S f_a(x, y) dx dy \left(\frac{\text{бит}}{с}\right) \quad (3)$$

Таким образом, можно оптимизировать положение точки сбора информации посредством БПЛА.

Выводы.

Выводы

1. Новый класс сетей — летающие сенсорные сети основан на использовании общедоступных БПЛА.
2. Базовые архитектуры для построения ЛСС включают летающий и наземный сегменты.
3. Для кластеризации летающего сегмента возможно использование алгоритма максимального покрытия, а для наземного сегмента — алгоритма, основанного на диаграммах Вороного и методах нечеткой логики.
4. Точка сбора информации посредством БПЛА в ЛСС выбирается по максимальному значению трафика, создаваемого наземным сегментом.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

1. Кучерявый А. Е., Кучерявый Е. А. От e-России к u-России: тенденции развития электросвязи // Электросвязь. — 2005. — № 5.
2. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications / The 11th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking. NEW2AN 2011. — LNCS, Springer, Heidelberg. — 2011. — Vol. 6869.
3. Vybornova A., Koucheryavy A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications / The 12th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking. NEW2AN 2012. — LNCS, Springer, Heidelberg. — 2012. — Vol. 7469.
4. Koucheryavy A., Muthanna A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Image Applications. Internet of Thing and its Enablers (INTHITEN) / Proceedings, Conference State University of Telecommunication. — St. Petersburg, Russia, 3–4 June 2013.
5. Koucheryavy A. State of Art and Research Challenges for USN Traffic Flow Models / Proceedings, ICACT'2014. — Phoenix Park, Korea, 16–19 February 2014.
6. Koucheryavy A., Salim A. Cluster-based Perimeter-coverage Technique for Heterogeneous Wireless Sensor Networks / Proceedings, ICUMT 2009. — International Conference IEEE on Ultra Modern Telecommunications. — St.-Petersburg, Russian. 2009.
7. Koucheryavy A., Salim A. Cluster head selection for homogeneous Wireless Sensor Networks / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT 2009. — Phoenix Park, Korea, 2009.
8. Koucheryavy A., Salim A. Prediction-based Clustering Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT 2010. — Phoenix Park, Korea, 2010.
9. Богданов И. А., Парамонов А. И., Кучерявый А. Е. Характеристики жизненного цикла мобильной сенсорной сети при различных потоках ложных событий // Электросвязь. — 2013. — № 1.
10. Koucheryavy A., Bogdanov I., Paramonov A. The mobile Sensor Network Life-Time under Different Spurious Flows Intrusion. LNCS, Springer. 13 th NEW2AN, LNCS 8121. — 28–30 August 2013.
11. Кучерявый А. Е. Интернет вещей // Электросвязь. — 2013. — № 1.
12. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. — С. Петербург: Любавич, 2011.
13. Гольдштейн Б. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост-NGN. — С. Петербург: БХВ, 2013.
14. Abakumov P., Koucheryavy A. The Cluster Head Selection Algorithm in the 3D USN / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT 2014. — Phoenix Park, Korea, 2014.
15. Attarzadeh N., Mehrani M. A New Thre Dimensinal Clustering Method for Wireless Sensor Networks // Global Journal of Computer Science and Technology. — April 2011. — Vol.11, issue 6, version 1.0.
16. www.iotlab.ru
17. Мутханна А. Сравнение протоколов маршрутизации для всепроникающих сенсорных сетей // Электросвязь. — 2014. — № 9.

18. Akyildiz I. F., Akan O. B., Chen C. et al. InterPlaNetary Internet: state-of-the-art and research challenges // *Computer Networks*. — 2003. — № 43.
19. Аль-Наггар Я. М. Алгоритм выбора головного узла кластера для всепроникающих сенсорных сетей с использованием нечеткой логики и диаграмм Вороного // *Электросвязь*. — 2014. — № 9.
20. Комашинский В. И., Парамонов А. И., Саид М. А.С. Особенности проектирования и управления когнитивными беспроводными сетями связи // *Вестник связи*. — 2012. — № 10. — С. 79–80.
21. Комашинский В. И., Парамонов А. И. Саид М. А.С. Особенности проектирования и управления когнитивными беспроводными сетями связи // *Вестник связи*. — 2012. — № 11. — С. 15– 17 (окончание).

References:

1. AE Curly, Curly EA From Russia to the e-u-Russia: Trends // *Telecommunication Telecommunications*. - 2005. - № 5.
2. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications / *The 11th International Conference on Next Generation Wired / Wireless Networking, NEW2AN 2011*. - LNCS, Springer, Heidelberg. - 2011. - Vol. 6869.
3. Vybornova A., Koucheryavy A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications / *The 12th International Conference on Next Generation Wired / Wireless Networking, NEW2AN 2012*. - LNCS, Springer, Heidelberg. - 2012. - Vol. 7469.
4. Koucheryavy A., Muthanna A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Image Applications. *Internet of Thing and its Enablers (INTHITEN) / Proceedings, Conference State University of Telecommunication*. - St. Petersburg, Russia, 3-4 June 2013.
5. Koucheryavy A. State of Art and Research Challenges for USN Traffic Flow Models / *Proceedings, ICACT'2014*. - Phoenix Park, Korea, 16-19 February 2014.
6. Koucheryavy A., Salim A. Cluster-based Perimeter-coverage Technique for Heterogeneous Wireless Sensor Networks / *Proceedings, ICUMT 2009*. - International Conference IEEE on Ultra Modern Telecommunications. - St.-Petersburg, Russian. 2009.
7. Koucheryavy A., Salim A. Cluster head selection for homogeneous Wireless Sensor Networks / *Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT 2009*. - Phoenix Park, Korea, 2009.
8. Koucheryavy A., Salim A. Prediction-based Clustering Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks / *Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT 2010*. - Phoenix Park, Korea, 2010.
9. IA Bogdanov, Paramonov AI, Curly AE Characteristics of the life cycle of the mobile sensor network for different streams of false events // *Telecommunications*. - 2013. - № 1.
10. Koucheryavy A., Bogdanov I., Paramonov A. The mobile Sensor Network Life-Time under Different Spurious Flows Intrusion. *LNCS, Springer. 13 th NEW2AN, LNCS 8121*. - 28-30 August 2013.
11. Curly AE // *Telecommunications Internet of Things*. - 2013. - № 1.
12. Curly AE, Prokopiev AV, Curly EA Self-organizing networks. - St. Petersburg: Lubavitch 2011.
13. Goldstein BS, Curly AE Communication networks post-NGN. - St. Petersburg: BHV, 2013.
14. Abakumov P., Koucheryavy A. The Cluster Head Selection Algorithm in the 3D USN / *Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT 2014*. - Phoenix Park, Korea, 2014.
15. Attarzadeh N., Mehrani M. A New Thre Dimensinal Clustering Method for Wireless Sensor Networks // *Global Journal of Computer Science and Technology*. - April 2011. - Vol.11, issue 6, version 1.0.
16. www.iotlab.ru
17. Muthanna A. Comparison of routing protocols for pervasive sensor networks // *Telecommunications*. - 2014. - № 9.
18. Akyildiz I. F., Akan O. B., Chen C. et al. InterPlaNetary Internet: state-of-the-art and research challenges // *Computer Networks*. - 2003. - № 43.

19. Al-Naggar YM selection algorithm for cluster head node pervasive sensor networks using fuzzy logic and Voronoi diagrams // Telecommunications. - 2014. - № 9.
20. Komashinskiy VI, Paramonov AI, Said M. A. Features, design and management cognitive wireless communication networks // Bulletin of communication. - 2012. - № 10. - S. 79-80.
21. Komashinskiy VI, Paramonov AI Said M. A. Features, design and management cognitive wireless communication networks // Bulletin of communication. - 2012. - № 11. - S. 15 17 (the end).

С.В. Валуйський
к.т.н., старший викладач,
Інститут телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

В.О. Шилов
інженер,
Інститут телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

ПРОТОКОЛИ МЕРЕЖЕВОГО РІВНЯ ДЛЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ МОНИТОРИНГУ ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ

Анотація. У науковій статті розглядаються та досліджуються переваги та недоліки двох протоколів мережевого рівня, що є найбільш використовуваними у безпроводових сенсорних мережах. Протягом довгого часу один з цих протоколів – ZigBee, був найбільш поширеним стандартом для комунікації всередині безпроводових сенсорних мереж. Найбільшою проблемою для даного стандарту залишалась складність комунікації з зовнішніми мережами інших стандартів. Проте після появи протоколу 6LoWPAN, при розробці якого був вибраний орієнтир на упрощення комунікації безпроводових сенсорних мереж з іншими зовнішніми мережами, у ZigBee з'явився конкурент на мережевому рівні.

Ключові слова: безпроводові сенсорні мережі, протокол ZigBee, протокол 6LoWPAN.

С.В. Валуйський
к.т.н., старший преподаватель,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

В.А. Шилов
инженер,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

ПРОТОКОЛЫ СЕТЕВОГО УРОВНЯ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. В научной статье рассматриваются и исследуются преимущества и недостатки двух протоколов сетевого уровня, которые наиболее часто используются в беспроводных сенсорных сетях. В течение долгого времени один из этих протоколов - ZigBee, был наиболее распространенным стандартом для коммуникации внутри беспроводных сенсорных сетей. Самой большой проблемой для данного стандарта оставалась сложность коммуникации с внешними сетями других стандартов. Однако после появления протокола 6LoWPAN, при разработке которого был избран ориентир на упрощение коммуникации беспроводных сенсорных сетей с другими внешними сетями, у ZigBee появился конкурент на сетевой уровне.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, протокол ZigBee, протокол 6LoWPAN.

Valujskiy S.
cand.tech. sciences,
Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine "Kievan polytechnic institute"

Shylov V.O.
engineer,
Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine “Kievan polytechnic institute”

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF NETWORK LAYER PROTOCOLS USED IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Annotation. In this paper review and examine of advantages and disadvantages of two the most used in wireless sensor networks network layer protocols is present. For a long time one of these protocols - ZigBee, was the most common standard for communication in wireless sensor networks. The biggest challenge for this standard has remained in difficulty of communication with external networks of other standards. However, after the appearance of the 6LoWPAN protocol, while development of which direction for simplification of intercommunication between wireless sensor networks and networks of other standards was chosen, ZigBee has a competitor on the network layer.

Keywords: wireless sensor network protocol ZigBee, protocol 6LoWPAN.

Вступ. Стандарт IEEE 802.15.4 був розроблений робочою групою IEEE (англ. – Institute of Electrical and Electronics Engineers), як набір правил для комунікацій в безпроводових персональних мережах на фізичному рівні та рівні управління доступом. Стандарт орієнтований на низьку вартість, низьку швидкість зв'язку між пристроями (а відміну від багатьох більш орієнтованих на користувача мереж). Акцент робився на дуже низьку вартість зв'язку з найближчими пристроями, зовсім без (або з невеликою) базовою структурою, з метою експлуатації на досі небувалому низькому рівні енергії. На базі даного стандарту було розроблено декілька протоколів мережевого рівня, найбільш популярним з яких став протокол ZigBee розроблений групою компаній ZigBee Alliance. Пізніше, робочою групою IETF (англ. - Internet Engineering Task Force) був спроектований стандарт взаємодії 6LoWPAN (англ. – IPv6 over Low power WPAN) на базі мережевого протоколу IPv6 (англ. – Internet Protocol version 6).

Аналіз досліджень і публікацій. При описанні стандартів зв'язку в безпроводових сенсорних мережах розробники зіштовхнулися з викликом – опис набору правил для комунікації має бути простим та “легковісним” для підтримки автономності прийомопередавачів, які мають бути невеликими за розмірами та живитися від акумуляторів. Тому першим загальновикористовуваним мережевим протоколом в сенсорних мережах став ZigBee [1], суть роботи якого є доволі простою та дозволяє збільшувати автономність роботи системи. Проте разом з простотою постає питання про обмеженість цього протоколу, особливо з токи зору комунікації з зовнішніми мережами та з точки зору захисту інформації. Тому паралельно з впровадженням ZigBee мереж на практиці – почалась розробка інших протоколів, які могли би зменшити вплив вищевказаних недоліків. Стандарт 6LoWPAN і став результатом даних розробок, проте, подолавши недоліки, що характеризували протокол ZigBee, він набув своїх, адже логіка взаємодії пристроїв в мережі стала більш складною, а тому дані пристрої втратили в своїй автономності.

Постановка завдання. На фізичному та каналному рівні моделі OSI (англ. – Open systems interconnection basic reference model), який відповідає рівню доступу до середовища передачі в стеку TCP/IP (англ. – Transmission Control Protocol/ Internet Protocol) в безпроводових сенсорних мережах використовується стандарт IEEE 802.15.4. Проте вище каналного рівня для користувача постає питання, який з мережевих протоколів слід обрати для оптимальної роботи мережі згідно різних критеріїв. Завданням статті є порівняння двох протоколів мережевого рівня, ZigBee та 6LoWPAN, відповідність яких стеку протоколів TCP/IP представлена на рис. 1.

Прикладний рівень	ZigBee (APS) + ZigBee (ZDO)	HTTP/SOAP
Транспортний рівень		UDP
Мережевий рівень	ZigBee (NWK)	6LoWPAN
Рівень доступу до середовища передачі	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4

Стек TCP/IP

ZigBee

6LoWPAN

Рисунок 1 – Протоколи, що використовуються в безпроводових сенсорних мережах

Виклад основного матеріалу

Протокол ZigBee.

При розробці протоколу ZigBee були вирішені наступні задачі:

- просторова масштабованість – кількість вузлів мережі можливо збільшувати до 64 тисяч;
- функціональна масштабованість – одна мережа може використовуватись в кількох системах управління одночасно і їх кількість можливо легко збільшувати без зміни програмного забезпечення й перенастроювання маршрутизаторів та координатора мережі;
- легкість встановлення та налагодження – пристрої в мережі самостійно повідомляють про сервіси, які вони надають, і через координатора знаходять пристрої, з якими будуть взаємодіяти для виконання цільових завдань;
- живучість мережі – при втраті зв'язку з вузлами мережі, вона самостійно переналаштовується, змінюючи структуру та маршрутизацію;
- відкритість для реалізації інтеграторами власних протоколів та технологій на базі сервісів ZigBee.

Опираючись на стандарт IEEE 802.15.4 ZigBee альянс розробив специфікацію, що регламентує мережевий рівень (NWK) та структуру прикладного рівня. Прикладний рівень складається з рівня підтримки додатків (APS), об'єктів ZigBee пристроїв (ZDO) і визначених виробником об'єктів.

Згідно специфікації, мережа ZigBee включає в себе три типи пристроїв: координатор ZigBee, маршрутизатор ZigBee та кінцевий пристрій ZigBee. З'єднання не менше ніж двох пристроїв, один з яких є координатором ZigBee – це мережа ZigBee.

Обов'язки мережевого шару NWK включають в себе механізми, використовувані для:

- підключення до мережі і відключення від неї;
- застосування засобів безпеки для кадрів;
- маршрутизації кадрів до адреси призначення;
- виявлення та обслуговування маршрутів між пристроями;
- виявлення найближчих сусідів;
- зберігання необхідної інформації про сусідів.

NWK рівень ZigBee координатора також відповідальний за ініціалізацію нової мережі і призначення адрес знову підключились пристроям.

Основне призначення підрівня підтримки додатків APS – забезпечити зв'язок мережевого рівня NWK з об'єктами додатків, його обов'язки включають в себе:

- обслуговування таблиць зв'язку, визначених як можливість зіставити два пристрої;
- передачу повідомлень між прикордонними пристроями;
- визначення групової адреси, доставку і фільтрацію групових повідомлень;
- зіставлення 64 бітного IEEE адреси і 16 бітного NWK адреси;
- фрагментацію, збірку і забезпечення надійного транспортування даних.

Підрівень ZigBee пристроїв надає найпростіший набір функціональних можливостей для забезпечення інтерфейсу між об'єктами додатків, профілями пристроїв і підрівня APS. Обов'язки підрівня ZDO включають в себе:

- визначення ролі пристрою в мережі (координатор або кінцевий пристрій);
- ініціалізацію та/або відповідь на запит зв'язку;
- управління сервісами безпеки;
- виявлення пристроїв у мережі та визначення, які сервіси вони надають.

Мережевий рівень ZigBee підтримує типи архітектури: зірка, дерево та комірчасту архітектуру, представлені на рис. 2.

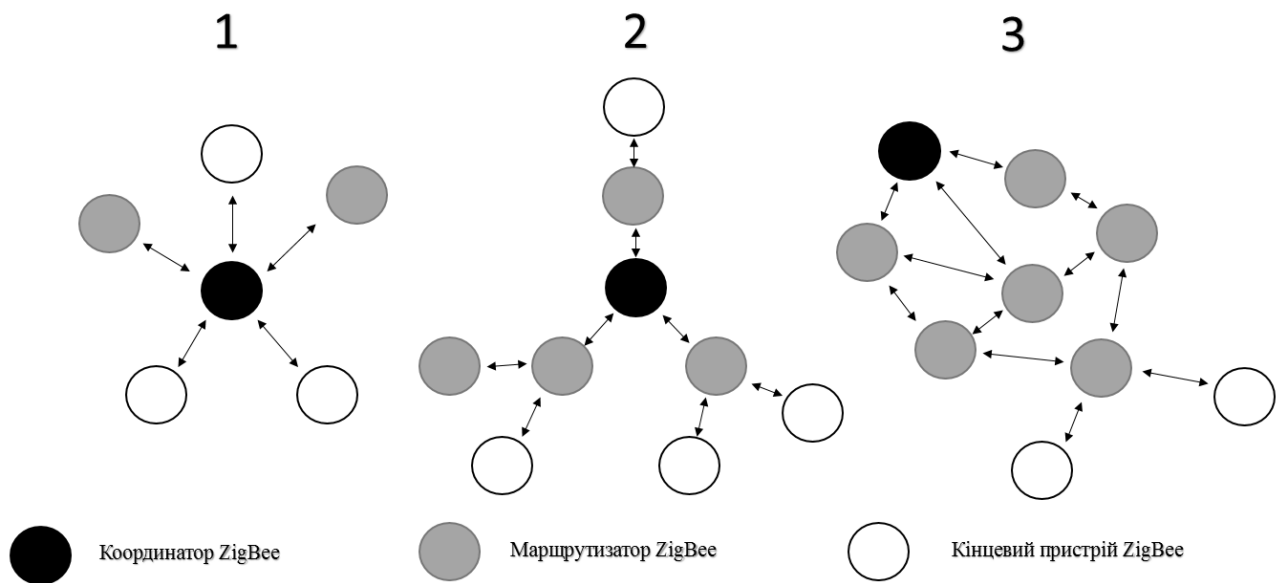


Рисунок 2 – Типи архітектур мережі ZigBee

1. Архітектура типу “зівка”.
2. Архітектура типу “дерево”.
3. Комірчаста архітектура.

ZigBee мережі є мережами, що самоорганізуються, тобто після включення координатора та вибору первинних налаштувань всі інші пристрої можуть підключатися самостійно.

В залежності від архітектури мережі можуть використовуватись наступні способи маршрутизації:

1. Ієрархічна маршрутизація при архітектурі типу дерево. В корені такого дерева знаходиться координатор, до якого підключені маршрутизатори та кінцеві пристрої. До маршрутизаторів в свою чергу також можуть бути підключені кінцеві пристрої. Пакети від кінцевих пристроїв передаються по гілках дерева до маршрутизаторів та координатора і навпаки.

2. Для комірчастої архітектури використовується комірчаста маршрутизація. В якій кінцеві пристрої, які не мають таблиць маршрутизації, передають пакети батьківським маршрутизаторам, які, в свою чергу, передають пакети згідно побудованих таблиць маршрутизації. Якщо маршрут не знайдено у власній таблиці маршрутизації, то маршрутизатор передає ширококомовний сигнал, маршрутизатори, що в свою чергу каскадно розсилають ширококомовний сигнал. В результаті початковий маршрутизатор отримує інформацію про маршрути по яким може відіслати вхідний пакет та записує в таблицю

маршрут з найменшою вартістю. Вартість може визначатися як просто за кількістю ретрансляцій, так і за більш складними показниками, наприклад, по сумі параметрів якості зв'язку LQI (англ. – Link Quality Indication).

Існують і інші способи маршрутизації (групова маршрутизація, маршрутизація типу багато до одного), які були додані внаслідок виявлення нестабільності великих мереж з комірчастою маршрутизацією.

Кожний пристрій на мережевому рівні має лічильник помилок для всіх вихідних з'єднань. Якщо лічильник перевищує певний рівень – дане з'єднання помічається як недостовірне і пристрій ініціалізує процедуру відновлення маршруту. Дана властивість в сенсорних мережах носить назву «самоусунення неполадок» (self-healing).

Для взаємодії ZigBee мережі з іншими мережами (GSM мережами, мережами стандартів IEEE 802.11 a/b/g, проводимими мережами TCP/IP) – необхідно використовувати спеціальні шлюзи, що є найбільшим недоліком даного протоколу.

Найбільшою перевагою мережі ZigBee є те, що кінцеві пристрої ZigBee можуть переходити в сплячий режим, що суттєво збільшує автономність їх роботи. Поки кінцевий пристрій знаходиться в сплячому режимі – він не може приймати пакети, проте ці пакети не будуть втрачені, а будуть зберігатися на батьківському маршрутизаторі допоки кінцевий пристрій не включиться і не відповість маршрутизатору позитивно на переданий пакет.

Протокол 6LoWPAN.

Метою розробки стандарту 6LoWPAN було знаходження можливості передачі IP пакетів по каналам IEEE 802.15.4, для того щоб спростити комунікацію сенсорної мережі з зовнішніми.

Кожний вузол в такій мережі має IPv6 адресу, що надає наступні переваги:

- в одній мережі можуть використовуватися пристрої різних виробників, які здатні також взаємодіяти з комп'ютерами та іншим мережевим обладнанням;

- кожен вузол в мережі стає доступним із зовнішніх мереж по IPv6 адресі, що виключає необхідність в додаткових шлюзах для кожної з мереж. Необхідність в різноманітних адаптерах для роботи з додатками також зникає.

Проте використання IPv6 адресації має також і недоліки. Адреси і заголовки використовувані в IPv6 можуть виявитися більшими, ніж стандартизовано в IEEE 802.15.4. В такому випадку пакети можуть розбиватися на більш дрібні, проте залишається недолік з кількістю службової інформації відносно корисної (окрім великого заголовку з адресою, додається службова інформація фрагментації – для можливості відтворення інформації після прийому). Для комунікації пристроїв всередині сенсорної мережі стандартні IPv6 заголовки можуть стискатися лише до каналної адреси пристрою (що робить заголовок навіть меншим, ніж в ZigBee протоколі), проте для зв'язку з зовнішніми пристроями – все-одно необхідно включати в пакет повний заголовок.

Істотною перевагою 6LoWPAN є захист даних. Для з'єднання мережі ZigBee з зовнішніми пристроями необхідним є шлюз, для якого потрібно розробляти спеціалізоване програмне забезпечення для захисту інформації. Часто, такі шлюзи розміщують за фаєрволами, для їх захисту. В мережі 6LoWPAN можливо перевикористовувати методи захисту, які працюють в звичайних IP мережах.

Енергетичну ефективність протоколу 6LoWPAN можливо порівняти з протоколом ZigBee лише при передачі інформації в межах сенсорної мережі, при використанні стискання. При передачі в зовнішні мережі – використання повної IPv6 адресації приводить до менш енергоефективного режиму роботи.

Висновки. В даній статті були приведені характеристики та порівняння двох протоколів мережевого рівня, що є найбільш поширеними в безпроводових сенсорних мережах.

Розглянуті протоколи мають свої переваги та недоліки. Протокол 6LoWPAN, поборовши проблеми, які існували в існуючому ZigBee протоколі, здобув свої негативні якості через необхідність в збільшенні службової інформації, що призвели до погіршення у автономності пристроїв мережі. ZigBee протокол є гарним вибором з точки зору автономної роботи

пристроїв та їх взаємодії в межах сенсорної мережі, проте поступається з точки зору взаємодії з зовнішніми мережами та зі сторони захисту інформації, що передається.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. IEEE 802.15.4-2003 Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs).
2. *А.В. Прокопьев*. Перспективы использования протокола 6LoWPAN в сетях IEEE 802.15.4. "ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ", №1, 2009.
3. *E. H. Callaway*. Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols. CRC Press, 2004.
4. *David E. Culler, Jonathan Hui*: 6LoWPAN Tutorial. IP on IEEE 802.15.4 Low-Power Wireless Networks. Arch-Rock, 2011.
5. *A. Ananda, Mun Choon Chan, Wei Tsang Ooi*. Mobile Wireless and Sensor Networks Technology Applications and Future Directions. John Wiley & Sons; 2006.

References:

1. IEEE 802.15.4-2003 Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs).
2. *A.V. Prokop'ev*. Perspektivy ispol'zovanija protokola 6LoWPAN v setjah IEEE 802.15.4. "JELEKTROSVJAZ'", №1, 2009.
3. *E. H. Callaway*. Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols. CRC Press, 2004.
4. *David E. Culler, Jonathan Hui*: 6LoWPAN Tutorial. IP on IEEE 802.15.4 Low-Power Wireless Networks. Arch-Rock, 2011.
5. *A. Ananda, Mun Choon Chan, Wei Tsang Ooi*. Mobile Wireless and Sensor Networks Technology Applications and Future Directions. John Wiley & Sons; 2006.

УДК 621.391

Н.М. Бендасюк
аспірант,
Інститут телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

Н.Ю. Кравчук
студент,
Інститут телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

АГРЕГУВАННЯ ДАНИХ МУЛЬТИСЕНСОРА НАНОСУПУТНИКОВОЇ ПЛАТФОРМИ

Анотація. Розгляд методів для даних, виражених в цифровому вигляді. А також рівняння прогнозу фільтра Калмана, яке забезпечує прогнозування стану моделі; відстань Махалонібиса, яке є простою мірою для узгодження; і рівняння поліпшення фільтра Калмана, що забезпечують механізм поліпшення властивостей оцінок моделі. Вибір найбільш коректного методу агрегування даних мультисенсорів в бездротовій сенсорній мережі.

Ключові слова: агрегація, прогнозування, спостереження, властивості, теорія голосування

Н.М. Бендасюк
аспірант,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

Н.Ю. Кравчук
студент,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

АГРЕГИРОВАНИЕ ДАННЫХ МУЛЬТИСЕНСОРА НАНОСПУТНИКОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

Аннотация. Рассмотрение методов для данных, выраженных в цифровом виде. А также уравнение прогноза фильтра Калмана, которое обеспечивает прогнозирование состояния модели; расстояние Махалонибиса, которое является простой мерой для согласования; и уравнения улучшения фильтра Калмана, обеспечивающие механизм улучшения свойств оценок модели. Выбор наиболее корректного метода агрегирования данных мультисенсоров в беспроводной сенсорной сети.

Ключевые слова: агрегация, прогнозирование, наблюдение, свойства, теория голосования

Bendasiuk N.
PhD student,
Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine "Kievan polytechnic institute"

Kravchuk N.
Student,

MULTISENSOR DATA AGGREGATION

Annotation. Consideration of methods for data expressed in digital vide. A also prediction equation of the Kalman filter, which provides a prediction of the state of the model; Mahalonibisa distance, which is a simple measure for harmonization; and improvement of the equation of the Kalman filter, provides a mechanism for improving the properties of the model estimates. Choosing the most appropriate method of data aggregation in wireless sensor multisensor network.

Tags: aggregation, forecasting, monitoring, properties, theory of voting

Вступ. Сучасні досягнення в області інтеграції даних сенсорів, особливо в сфері обробки зображень, спричинили за собою повторне відкриття та використання теорії оцінювання. Згодом методи теорії оцінювання отримали свій розвиток в робототехніці і військової промисловості.

Аналіз досліджень і публікацій. Наприклад, в 1980 році Герман і Канаді згрупували пасивний стерео ряд, отриманий з авіаційного датчика [1]. Ця рання робота охарактеризувала проблему інтеграції даних, як одну з диференціальних комбінацій геометричної інформації.

Схожий метод був розроблений автором для диференціальної конструкції моделі рухомого (мобільного) робота, що використовує обертовий ультразвуковий датчик [2]. За допомогою узагальнення цієї роботи, інтеграцію представили як циклічний процес отримання інформації через сенсори (датчики). Також завдяки необхідності сприйняття інформації для мобільних роботів, Брукс і Чатила опублікували вузькоспеціалізовані методи для обробки невизначеностей.

З 1985 року все частіше наводилися аргументи на користь застосування теорії оцінювання у сфері обробки зображень і робототехніки. Оптимальна комбінація функцій була отримана і представлена як еквівалентна простій формі фільтра Калмана. У той же період, Дюрант-Вайт завершив свою дисертацію [3] про обробку невизначеностей в робототехніці та сфері отримання інформації від сенсорів. У цій роботі він описав основи методів для обробки та інтеграції інформації сенсорів, які є наслідком з теорії оцінювання. Досвідчені в теорії оцінювання Фаджераса і Аейча, сприяли впровадженню цієї теорії в стереосистеми та системи калібрування.

З 1987 року відбулася швидка зміна парадигми в сфері обробки зображень, методи, виведені з теорії оцінювання, почали активно впроваджуватися.

У той час як більшість дослідників використовували теорію оцінювання, посилаючись на Сміта, Чизмена, Дюрант-Вайта, Фаджераса і Аейча, реальні методи були добре відомі деяким іншим науковим співтовариствам, в особливості спільноті теорії управління. Вихідними для теорії оцінювання є ідеї, сформульовані Колмогоровим і Вінером. Калмана [10] опублікував рекурсивний алгоритм у вигляді диференціальних рівнянь для оптимального рекурсивного оцінювання лінійних систем. Він показав, що цей оптимальний метод оцінювання дуже схожий з методом оцінювання Байеса, методом максимальної правдоподібності та методом найменших квадратів. Ці взаємозв'язки викладені в підручниках Джозефа, Бьюси і Язвински, а особливо у Мелза і Сежа. Ці взаємозв'язки також викладені в останній статті Брауна та в книзі Брамера і Сифлінга.

Методи, отримані з допомогою теорії оцінювання, забезпечують теоретичне підґрунтя для процесів, які являють собою обчислювальну основу для інтеграції цифрових даних. Альтернативний метод заснований на критеріях мінімальної енергії та мінімальної ентропії.

Прикладом такого розрахунку може служити мережа Хопфілда. Ідея полягає в тому, щоб мінімізувати функцію енергії, кількісно виражає, скільки кожне наявне вимірювання і зафіксоване обмеження порушено. Цю ідею Терзополос пов'язав з регуляризацією методів для поверхневої реконструкції. Використання масових паралельних нейронних мереж для реалізації алгоритмів розглядалася в статтях Мероквіна, Пало, Блейка і Зайсермана.

Виклад основного матеріала.

Фільтр Калмана. Застосування вищеописаних принципів призводить до появи групи методів для процесу динамічного моделювання.

Розглянемо рівняння прогнозу фільтра Калмана, яке забезпечує прогнозування стану моделі; відстань Махалонибиса, яке є простою величиною для узгодження; і рівняння поліпшення фільтра Калмана, що забезпечує механізм поліпшення властивостей оцінок моделі [4].

Динамічна модель $M(t)$ формує список елементів, які описують стан зовнішнього середовища в момент часу t :

$$M(t) \equiv \{P_1(t), P_2(t), \dots, P_m(t)\} \quad (1)$$

де $P_1(t), P_2(t), \dots, P_m(t)$ - елементи динамічної моделі $M(t)$.

Моделі може, як правило, включати групу елементів, які відображають залежність між різними рівнями елементів. Ці групи утворюють абстракцію, яка зображується як символічні властивості.

Кожний елемент моделі $P_i(t)$ описує частину зовнішнього середовища у вигляді об'єднання внутрішніх властивостей $\hat{X}(t)$ плюс відповідний $IDID$ і довірча ймовірність:

$$P(t) \equiv \{ID, \hat{X}(t), CF(t)\} \quad (2)$$

де $IDID$ - значення (мітка), по якій елемент може бути ідентифікований, $CF(t)$ - довірча ймовірність, яка дозволяє контролювати зміст моделі.

Нові значення елементів моделі, отримані за допомогою спостережень, фіксуються в моделі з низьким рівнем довірчої ймовірності.

Подальші спостереження дозволяють підвищити рівень довірчої ймовірності, при цьому якщо значення елемента не спостерігається при наступних циклах, то це значення розцінюється як шум і видаляється з моделі. Система залишається стабільною, рівень довірчої ймовірності дозволяє елементу існувати у деяких циклах, навіть якщо цей елемент, вилучений із спостережень. Значення довірчої ймовірності залежить від застосування системи.

Елементи системи представляють оцінку окремого стану частини зовнішнього навколишнього середовища у вигляді набору NN властивостей, які представлені вектором $\hat{X}(t)$:

$$\hat{X}(t) \equiv \{\hat{x}_1(t), \hat{x}_2(t), \dots, \hat{x}_n(t)\} \quad (3)$$

Фактичний стан зовнішнього середовища $X(t)$ оцінюється через процес спостереження ${}^Y H_X$, який проектується в вектор спостереження $Y(t)$. Також в процесі спостереження присутній шум $N(t)$:

$$Y(t) = {}^Y H_X X(t) + N(t) \quad (4)$$

Стан зовнішнього середовища $X(t)$ не може бути точно вимірний, отже, використовується його оцінка $\hat{X}(t)$. При кожному циклі моделювання оцінка $\hat{X}(t)$ визначається через об'єднання прогнозованих спостережень $Y^*(t)$ і фактичних спостережень $Y(t)$. Різниця між векторами $Y^*(t)$ і $Y(t)$ забезпечує основу для корекції оцінки $\hat{X}(t)$.

В процесі моделювання $\hat{X}(t)\hat{X}(t)$ та $Y(t)Y(t)$ повині супроводжуватися оцінкою їх невизначеності. Невизначеність показує відхилення між векторами $\hat{X}(t)\hat{X}(t)$ та реальним вектором $X(t)X(t)$. Таке відхилення можна апроксимувати у вигляді коваріаційної матриці $\hat{C}(t)\hat{C}(t)$, яка представляє собою квадрат різниці між оцінкою і дійсним значенням стану зовнішнього середовища:

$$\hat{C}(t) \equiv E\{[X(t) - \hat{X}(t)][X(t) - \hat{X}(t)]^T\}$$

$$\hat{C}(t) \equiv E\{[X(t) - \hat{X}(t)][X(t) - \hat{X}(t)]^T\}. \quad (5)$$

Оцінка невизначеності заснована на моделі помилок, які спотворюють процеси прогнозування і спостережень. Оцінювати ці помилки одночасно складно і необхідно для функціонування таких систем. Оцінка невизначеностей грає дві ролі:

- забезпечує допустиме обмеження процесу узгодження;
- забезпечує відносну стабільність процесу прогнозування і спостереження, коли відбувається обчислення нових оцінок.

Так як $\hat{C}(t)\hat{C}(t)$ визначає допустимі обмеження для узгодження, виконання системи буде погіршуватися при перевищенні значення $\hat{C}(t)\hat{C}(t)$. З іншого боку, занадто велике значення $\hat{C}(t)\hat{C}(t)$ може збільшувати час при знаходженні узгодження.

На етапі прогнозування в процесі моделювання відбувається здвиг в часі вектора $\hat{X}(t)$, тобто визначається $X^*(t + \Delta T)X^*(t + \Delta T)$. А також відбувається здвиг в часі $\hat{C}(t)$ і визначається $C^*(t + \Delta T)C^*(t + \Delta T)$. Таке визначення оцінок представляє собою процес знаходження похідних між векторами.

Збільшення порядку прогнозування тягне за собою збільшення порядку похідних. Далі розглянуто приклад методу для двох елементів, які є окремими властивостями зовнішнього середовища $(x_1(t) \text{ і } x_2(t))(x_1(t) \text{ і } x_2(t))$, вектора $\hat{X}(t)\hat{X}(t)$. При цьому прийнято, що процес прогнозування та оцінки відбувається за відрізок часу $\Delta T \Delta T$, значення якого непостійне.

Похідні $x_1(t) \text{ і } x_2(t)x_1(t) \text{ і } x_2(t)$ по часу $\dot{x}_1(t)\dot{x}_1(t)$ і $\dot{x}_2(t)\dot{x}_2(t)$ є також компонентом вектора $\hat{X}(t)\hat{X}(t)$. Таким чином, якщо система складається з NN властивостей, то тоді вектор $\hat{X}(t)\hat{X}(t)$ буде складатися з $2N2N$ елементів: NN властивостей та NN їх похідних по часу. При цьому похідні елементів вектора спостереження $Y(t)Y(t)$ знаходити необов'язково. Фільтр Калмана дозволяє нам знаходити похідні, використовуючи лише оцінки спостережень. До того ж оцінки знаходяться за допомогою інтегрування, тому вони більш стійкі до шуму, ніж похідні миттєвих значень.

Зробимо припущення, що елементи $\hat{x}(t)\hat{x}(t)$ вектора $\hat{X}(t)\hat{X}(t)$ має дисперсію $\hat{\sigma}_x^2 \hat{\sigma}_x^2$. Для прогнозування першого порядку змінної $x^*(t + \Delta T)x^*(t + \Delta T)$ необхідно знайти першу похідну по часу $\dot{\hat{x}}(t)\dot{\hat{x}}(t)$:

$$\dot{\hat{x}}(t) \equiv \frac{\partial \hat{x}(t)}{\partial t} \hat{x}'(t) \equiv \frac{\partial \hat{x}(t)}{\partial t}. \quad (6)$$

Зміна вектора $X(t)X(t)$ можна представити у вигляді ряду Тейлора. Використовуючи прогнозування першого порядку, всі елементи високого порядку можна об'єднати у випадковий вектор $V(t)V(t)$, апроксимований через оцінку вектора $\hat{V}(t)\hat{V}(t)$, яка включає в себе одночасно і похідні високих порядків і інші перетворення. Вектор $V(t)V(t)$ має свою дисперсію $Q(t)Q(t)$:

$$Q(t) = E\{V(t)V(t)^T\}Q(t) = E\{V(t)V(t)^T\} \quad (7)$$

При невідомому значенні $V(t)V(t)^T$ дисперсія має нульове значення, отже, вектор $\hat{V}(t)$ також дорівнює нулю.

Таким чином, кожний елемент прогнозує у відповідності з виразом:

$$x^*(t + \Delta T) = \hat{x}(t) + \left(\frac{\partial \hat{x}(t)}{\partial t}\right) \cdot \Delta T + \hat{v}(t)$$

$$x^*(t + \Delta T) = \hat{x}(t) + \left(\frac{\partial \hat{x}(t)}{\partial t}\right) \cdot \Delta T + \hat{v}(t) \quad (8)$$

При цьому вектор $\hat{X}(t)\hat{X}(t)$ представляє собою:

$$\hat{X}(t) \equiv \begin{bmatrix} \hat{x}_1(t) \\ \hat{x}_1'(t) \\ \hat{x}_2(t) \\ \hat{x}_2'(t) \end{bmatrix} \hat{X}(t) \equiv \begin{bmatrix} \hat{x}_1(t) \\ \hat{x}_1'(t) \\ \hat{x}_2(t) \\ \hat{x}_2'(t) \end{bmatrix} \quad (9)$$

В матричній формі прогнозування може бути записано наступним чином:

$$X^*(t + \Delta T) := \varphi \hat{X}(t) + \hat{V}(t)X^*(t + \Delta T) := \varphi \hat{X}(t) + \hat{V}(t) \quad (10)$$

Де зміни $\Delta T \Delta T$ представлено у вигляді матриці $\varphi \varphi$:

$$\varphi = \begin{bmatrix} 1 & \Delta T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \Delta T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \varphi = \begin{bmatrix} 1 & \Delta T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \Delta T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Щоб знайти невизначеність $X^*(t + \Delta T)X^*(t + \Delta T)$ треба визначити оцінку коваріації між оцінкою кожного елементу (властивості) $\hat{x}(t)\hat{x}(t)$ і його похідної.

Оцінка цієї невизначеності, $\hat{Q}_X(t)\hat{Q}_X(t)$ дозволяє визначити критерії стійкості моделювання. Отримаємо наступне рівняння:

$$C_x^*(t + \Delta T) := \varphi \hat{C}_x(t) \varphi^T + \hat{Q}_X(t)C_x^*(t + \Delta T) := \varphi \hat{C}_x(t) \varphi^T + \hat{Q}_X(t) \quad (12)$$

Процес «прогнозування-узгодження-поліпшення» спрощує проблему узгодження через застосування обмеження тимчасової безперервності [1]. Різниця, яка оцінюється протягом періоду $\Delta T \Delta T$ між спостереженнями, між прогнозованим і дійсним значенням оцінюваного елемента досить невелика, щоб провести узгодження «найближчого сусіда».

Визначимо матрицю ${}^Y H_X {}^Y H_X$, яка перетворює систему координат вектора $X(t)X(t)$ в систему координат, зв'язану з простором спостереженням:

$$Y(t) = {}^Y H_X X(t) + W(t)Y(t) = {}^Y H_X X(t) + W(t) \quad (13)$$

де $W(t)W(t)$ - спеціальний ефект.

Матриця ${}^Y H_X {}^Y H_X$ складає модель процесу зчитування, який прогнозує спостереження $Y(t)Y(t)$, засноване на певних властивостях (вектор $X(t)X(t)$). Оцінювання ${}^Y H_X {}^Y H_X$ є ключовим аспектом в моделюванні. Модель процесу спостереження ${}^Y H_X {}^Y H_X$ не може бути ідеально оціненим. Процес спостереження, наприклад, в системі «машинного зору» запускається за допомоги фотооптичних, оптичних ті електричних ефектів ($W(t)$ в формулі 13 $W(t)$ в формулі 13). У більшості випадків $W(t)W(t)$ невідоме, отже, оцінка $\hat{W}(t)\hat{W}(t)$ буде дорівнювати:

$$\widehat{W}(t) \equiv E\{W(t)\} = 0 \quad \widehat{W}(t) \equiv E\{W(t)\} = 0 \quad (14)$$

$$\hat{C}_y(t) \equiv E\{W(t)W(t)^T\} \hat{C}_y(t) \equiv E\{W(t)W(t)^T\} \quad (15)$$

Для ілюстрації цього процесу, допустимо, що ми можемо спостерігати поточне значення двох елементів (властивостей), але не їх похідних. В цьому випадку ${}^Y H_X {}^Y H_X$ може використовуватися для виводу вектора переміщення похідних з прогнозованих елементів (властивостей). Тоді, використовуючи вектор першого порядку з попереднього прикладу, отримаємо :

$$\begin{bmatrix} y_1^*(t) \\ y_2^*(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1^*(t) \\ x_1^{*'}(t) \\ x_2^*(t) \\ x_2^{*'}(t) \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} y_1^*(t) \\ y_2^*(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1^*(t) \\ x_1^{*'}(t) \\ x_2^*(t) \\ x_2^{*'}(t) \end{bmatrix} \quad (16)$$

Матриця ${}^Y H_X {}^Y H_X$ може бути представлена лінійним перетворенням. У випадку, коли оцінка стану і спостереження зв'язані нелінійним перетворенням $F(X)F(X)$, то ${}^Y H_X {}^Y H_X$ апроксимується через першу похідну або якобіан перетворення ${}^Y J_X {}^Y J_X$.

$${}^Y J_X = \frac{\partial F(X)}{\partial X} {}^Y J_X = \frac{\partial F(X)}{\partial X} \quad (17)$$

Оцінимо модель прогнозування $M(t)M(t)$, яка складається зі списку елементів $P_n^*(t)$, кожний з яких містить вектор параметру $X(t)X(t)$ і модель спостереження $O(t)O(t)$, яка складається зі списку елементів $P_m(t)P_m(t)$, кожний з яких включає в себе параметри вектору $Y(t)Y(t)$. На етапі узгодження визначається найкращі оцінки параметрів спостереження та прогнозування, виходячи з близькості (відстань) між прогнозованими і спостережу вальними властивостями. Відстань є квадратом відстані Махаланобіса.

Вектор прогнозованих параметрів визначається формулою:

$$Y_n^* = {}^Y H_X X_n^* Y_n^* = {}^Y H_X X_n^* \quad (18)$$

з коваріацією

$$C_{yn}^* = {}^Y H_X C_{xn}^* {}^Y H_X^T C_{yn}^* = {}^Y H_X C_{xn}^* {}^Y H_X^T \quad (19)$$

Вектор спостережу вальних параметрів $Y_m Y_m$ визначається аналогічно, з коваріацією $C_{ym} C_{ym}$. Тоді отримуємо квадрат відстані Махаланобіса між прогнозованими і спостережуваними властивостями:

$$D_{nm}^2 = \frac{1}{2} \{(Y_n^* - Y_m)^T (C_{yn}^* + C_{ym})^{-1} (Y_n^* - Y_m)\} \quad (20)$$

У випадку єдиної скалярної властивості формулу 20 можна представити у вигляді наступного рівняння:

$$D_{nm}^2 = \frac{1}{2} \frac{(y_n^* - y_m)^2}{(\sigma_{y_n}^{*2} + \sigma_{y_m}^2)} D_{nm}^2 = \frac{1}{2} \frac{(y_n^* - y_m)^2}{(\sigma_{y_n}^{*2} + \sigma_{y_m}^2)} \quad (21)$$

Таким чином, етап узгодження тягне за собою мінімізацію нормованої відстані між прогнозованими і спостережуваними властивостями.

Після того, як зроблено висновок, що спостереження відповідають прогнозу, властивості моделі можуть бути покращені. Рівняння фільтра Калмана дозволяють оцінювати вектор властивостей та їх похідні $\hat{X}_n(t) \hat{X}_n(t)$, виходячи з об'єднання вектора прогнозованих властивостей $Y_n^*(t) Y_n^*(t)$, з вектором спостережуваних властивостей $Y_m(t) Y_m(t)$. При

цьому знаходяться точні оцінки, як розглянутих властивостей моделі, так і їх похідних. Знайдені за допомогою рівнянь оцінки рівноцінні оцінками, отриманим методом найменших квадратів.

Ключовим елементом фільтра Калмана є матриця вагою $K(t)K(t)$, яка може бути визначена за допомогою невизначеності прогнозування $C_y^*(t)C_y^*(t)$:

$$K(t) := C_x^*(t)^y H_x^T [C_y^*(t) + C_y(t)]^{-1} K(t) := C_x^*(t)^y H_x^T [C_y^*(t) + C_y(t)]^{-1} \quad (22)$$

Матриця $K(t)K(t)$ дозволяє покращити властивості моделі, яка розглядається, і її похідні за допомогою різниці між прогнозованими та спостережуваними властивостями:

$$\hat{X}(t) := X^*(t) + K(t)[Y(t) - Y^*(t)] \hat{X}(t) := X^*(t) + K(t)[Y(t) - Y^*(t)] \quad (23)$$

Точність оцінки визначається за допомогою виразу:

$$\hat{C}(t) := C^*(t) - K(t) \cdot {}^y H_x \cdot C^*(t) \hat{C}(t) := C^*(t) - K(t) \cdot {}^y H_x \cdot C^*(t) \quad (24)$$

Рівняння 10,12, 22,23 і 24 являються п'ятьма рівняннями фільтра Калмана. Таким чином, фільтр Калмана являється рекурсивним фільтром, який оцінює вектор стану динамічної системи, яка дозволяє здійснювати покращення властивостей моделі цієї системи.

Мережа Басса. Баївська мережа представляє собою направлений ациклічний граф, кожній вершині якого може відповідати показання мультисенсора чи судження, а дуги графа кодують відношення правдоподібності між вершинами[5]. Відношення правдоподібності відповідає ймовірності $P_i(c_{ij})P_i(c_{ij})$ події VV на ii -му вузлі при деякому значенні вимірюваної величини $c_{ij}; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; c_{ij}; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$. В даному підході вимірюване значення величини переводиться у відношення правдоподібності з допомогою деякої функції перетворення $f_i(c_{ij})f_i(c_{ij})$, яка задається для кожної із mm вимірюваних величин[6]. Якщо вимірюванні змінні являються незалежними випадковими величинами, то ймовірність події $P_i(V)P_i(V)$ на вузлі ii вираховується по формулі повної ймовірності $P_i(V) = \prod_{j=1}^n P_i(c_{ij})P_i(V) = \prod_{j=1}^n P_i(c_{ij})$. Якщо вимірюванні величини є залежними, ймовірність $P_i(V)P_i(V)$ вираховується з використанням умовних ймовірностей. Тоді для кожного мультисенсора за допомогою баївської мережі може бути врахована ймовірність деякої події в системі моніторинга (наприклад, пожежі для системи пожежної безпеки), на основі яких може бути вироблено загальне судження.

Теорія Демпстера-Шефера. Підхід Демпстера-Шефера являє собою математичну теорію свідочств, засновану на двох функціях перетворення вимірюваних величин – довіри $f_i(c_{ij})f_i(c_{ij})$ і правдоподібності $\bar{f}_i(c_{ij})\bar{f}_i(c_{ij})$, - які використовуються для обчислення можливості події. Для кожної вимірюваної змінної призначаються три міри: міра того, що подія сталася $m(V)m(V)$; що подія не сталася $m(\bar{V})m(\bar{V})$; і міра невизначеності $m(V \cup \bar{V})m(V \cup \bar{V})$. Ймовірність $P_i(c_{ij})P_i(c_{ij})$ того, що подія відбулася, лежить в інтервалі $m(V) < P_i(V < 1 - m(\bar{V}))m(V) < P_i(V < 1 - m(\bar{V}))$. Таким чином, на відміну від баєсівської мережі, в підході Демпстера-Шефера кожний елемент описується не однією, а трьома заходами. Перевагою цього підходу є отримання діапазону ймовірності події $P_i(V)P_i(V)$ і облік невизначеності кожного сенсора.

Теорія голосування. У проблемі голосування існує безліч множин AA з nn кандидатів, які ранжуються групою з mm виборців (експертів, суддів і т. д.) Знаходження згортки декількох ранжирувань в єдине відношення переваги, яке називається відношенням консенсусу, є предметом теорії суспільного вибору.

У разі вимірювальних даних існує можливість побудувати ранжування кожного mm властивостей nn мультисенсорів на основі деякого простого закону, наприклад, за зростанням величини.

Потім методами теорії голосування на підставі побудованих ранжирувань можна знайти єдине відношення консенсусу, що є приведенням різнорідних даних мультисенсорів до єдиної порядкової шкали.

Стосовно до проблеми агрегування вимірювальних даних мультисенсорів в бездротових сенсорних мережах слід зазначити, що коректність результатів традиційно застосовуваних підходів, включаючи байсовські мережі, теорію Демпстера-Шефера, фільтра Калмана, нечітку логіку [7], нейронні мережі [8] та ін., залежить від вибору тієї чи іншої функції перетворення вимірюваних величин в судження. Оскільки ця функція, як правило, вибирається із суб'єктивних припущень або на основі досить наближених обчислень, зазначені підходи поступаються в коректності методам теорії голосування, в яких ранжирування формуються на основі безпосередніх свідчень мультисенсорів, а судження виносяться без використання яких-небудь функцій перетворення показань.

Таким чином, для призначення пріоритетів вузлів сенсорної мережі був обраний підхід до агрегування даних мультисенсорів на основі теорії голосування.

Висновки. Проведений огляд стану проблеми збирання вимірювальних даних мультисенсорів в бездротових сенсорних мережах показує, що коректність результатів традиційно застосовуваних підходів, включаючи байсовські мережі, теорію Демпстера-Шефера, фільтра Калмана та ін., залежить від вибору тієї чи іншої функції перетворення вимірюваних величин в судження. Оскільки функція перетворення вимірюваних величин в судження, як правило, вибирається із суб'єктивних припущень або на основі досить наближених обчислень, зазначені підходи поступаються в коректності методам теорії голосування, в яких ранжирування формуються на основі безпосередніх свідчень мультисенсорів, а судження виносяться без використання яких-небудь функцій перетворення показань. Найбільш коректним способом агрегування даних мультисенсорів в бездротовій сенсорній мережі є підхід на основі теорії голосування.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Herman M., Kanade T. Incremental reconstruction of 3D scenes from multiple complex images / M. Herman, T. Kanade // Artificial Intelligence. - 1986. - №30. - P. 289-301.
2. Crowley J. Navigation for an Intelligent Mobile Robot / J. Crowley // IEEE Journal on Robotics and Automation. - 1985. - №1. - P. 153-168.
3. Durrant-Whyte H. Consistent Integration and Propagation of Disparate Sensor Observations / H. Durrant-Whyte // International Journal of Robotics Research. - 1987.-№10. - P. 31-64.
4. Crowley J., Demazeau Y. Principles and Techniques for Sensor Data Fusion / J. Crowley, Y. Demazeau // Livie. - 2000. - № 54. - P. 10-64.
5. Pearl J. Causality: Models, Reasoning, and Inference. / J. Pearl. - Cambridge University Press, 2009. - 464 p.
6. Darwiche A. Modeling and Reasoning with Bayesian Networks. / A. Darwiche. - Cambridge University Press, 2009. - 526 p.
7. Новак В., Перфильева И., Мочкрож И. Математические принципы нечёткой логики / В. Новак, И. Перфильева, И. Мочкрож. - Физматлит, 2006. - 352 с.
8. Еремин Д.М., Гарцеев И.Б. Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления. / Д.М. Еремин, И.Б. Гарцеев. - М.: МИРЭА, 2004.-75 с.

В.І. Новіков
старший викладач,
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

В.А. Воловик
магістр,
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

ТРАСПОРТУВАННЯ ПОВІЛЬНОГО ТРАФІКУ В СЕНСОРНІЙ МЕРЕЖІ З САМООРГАНІЗАЦІЄЮ

Анотація. У даній науковій статті досліджується основна задача доставки повільного трафіку в сенсорних мережах з обмеженою мобільністю та додаткові задачі, пов'язані з мінімізацією часу пересилання пакетів та їх агрегацією. Також розглядається сценарій функціонування мережі, особливостей її маршрутизації в умовах виходу з ладу частини вузлів.

Ключові слова: повільний трафік, маршрутизація, самоорганізація мережі, історія спостережень, оптимальний маршрут, агрегування пакетів.

В.И. Новиков
старший преподаватель,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

В.А. Воловик
магістр,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

ТРАНСПОРТИРОВКА МЕДЛЕННОГО ТРАФИКА В СЕНСОРНОЙ СЕТИ С САМООРГАНИЗАЦИЕЙ

Аннотация. В данной научной статье исследуется основная задача доставки медленного трафика в сенсорных сетях с ограниченной мобильностью и дополнительные задачи, связанные с минимизацией времени пересылки пакетов и их агрегацией. Также рассматривается сценарий функционирования сети, особенностей ее маршрутизации в условиях выхода из строя части узлов.

Ключевые слова: медленный трафик, маршрутизация, самоорганизация сети, история наблюдений, оптимальный маршрут, агрегирование пакетов.

V. Novikov

V. Volovyk
Students of Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine "Kievan polytechnic institute"

SLOW TRAFFIC DELIVERY IN SENSOR NETWORKS WITH SELF-ORGANIZATION

Abstract. In this paper, we study the basic problem of slow traffic delivery in sensor networks with limited mobility, and additional tasks related to the minimization of packet forwarding time and aggregation. Also taken into account the scenario of network operation, especially routing, considering possible failure of the nodes.

Tags: slow traffic, routing, self-organizing network, the history of observations, the best route aggregation packets.

Вступ. Задача доставки повільного трафіку вирішується достатньо ефективно для сенсорної мережі з обмеженою мобільністю. В цій задачі час доставки пакету не являється критичним, бо найголовнішим параметром є надійність доставки трафіку. Так як час не враховується, пакет даних може бути затриманий в деяких вузлах з метою очікування появи в їх зоні видимості вузлів, через які можна передати далі цей пакет. Тобто, якщо відповідний вузол недоступний, то втрату пакету, відправленого з очікуванням, можна не констатувати. Крім цього, відсутність чітких часових рамок для передачі пакету дозволяє проводити агрегацію пакетів для більш ефективного використання пропускної здатності каналів мережі.

Аналіз досліджень і публікацій. В основі підходу до самоорганізації мережі лежить використання історії спостережень – набору показників роботи мережі, накопиченого вузлами. Під самоорганізацією мережі розуміється процес об'єднання незалежних пристроїв в мережу за рахунок їх власних ресурсів і інформації [1].

Перший механізм заснований на періодичному скануванні вузлом своїх околиць з метою пошуку зміни стану сусідніх вузлів. В літературі [2] показано, що такий спосіб дає похибку у вимірюванні параметрів T_1 і T_0 порядку 10-20 %. Ще одним негативним фактором цього механізму є велике навантаження на мережу.

Другий механізм полягає в організації сповіщень [3]. Сповіщення – це службові дані, які один вузол передає іншому у випадку зміни свого стану (включення, виключення, початок руху, кінець руху). По тривалості рух може бути стрибкоподібним або тривалим. По організації руху: без відключення або з тимчасовим відключенням на час руху. Сповіщення можуть бути організовані при будь-якому сценарії поведінки вузлів, і в цьому полягає універсальність цього механізму. В літературі [4] розглядається вплив ефективних алгоритмів маршрутизації на час життя сенсорної мережі.

Постановка завдання. Розглянемо механізми, які використовуються в тому випадку, коли процес збору інформації не підтримується на апаратному рівні, і у вузлів немає необхідної інформації про властивості свого оточення. В статті буде висвітлено механізм організації сповіщень. Також буде розглянуто додаткові задачі маршрутизації, такі як мінімізація часу операцій пересилання та ефективність застосування агрегації. Буде описано алгоритм дій при виході з ладу частини вузлів сенсорної мережі.

Організація сповіщень як важливий елемент самоорганізації мережі. При організації сповіщень, якщо до сусіднього вузла доходить сповіщення про включення або виключення вузла, то у внутрішніх структурах даних фіксується встановлення або втрата зв'язку. При цьому у випадку встановлення зв'язку формується зворотне сповіщення. Якщо до сусіднього вузла доходить сповіщення про початок неперервного руху, то через деякий час, достатній для переміщення, відбувається сканування місцевості для виявлення даного вузла. Якщо в ході цього сканування вузол не відповідає, то фіксується втрата зв'язку. Коли вузол відповідає, в його відповіді є інформація про продовження руху, і через ще один інтервал часу відбувається повторне сканування.

В будь-якому сценарії сповіщення завжди мають двосторонній характер і залежать від ситуації. У випадку коректного обміну інформацією такий спосіб дозволяє, по-перше, з високою точністю вимірювати періоди активного і неактивного стану зв'язків, по-друге, забезпечувати те, що кожен вузол буде проінформований про відновлення активності якогонебудь зв'язку. Це потрібно для організації функції зворотнього виклику.

Збір даних для історії спостережень можливий за допомогою запропонованих вище механізмів або з використанням апаратних можливостей вузла.

Функціонування мережі розбивається на чотири етапи. На першому етапі вузли мережі проводять збір історії спостережень. Цей етап закінчується або при виконанні деяких умов на стабілізацію параметрів, або у фіксований проміжок часу. Після цього вузол-координатор ініціює лавинну розсилку з метою попереднього заповнення маршрутних таблиць. Вузол, до якого доходить лавинний процес, змінює свою таблицю і надсилає вузлу-координатору зібрану історію повідомлень. Далі починається третій етап, на якому вузол-координатор вже отримав історію спостережень від усіх вузлів або від певної групи вузлів. На цьому етапі проводиться розрахунок оптимальних маршрутів і повторна лавинна розсилка для доставки даних про оптимальні маршрути. Коли вузли отримують ці інструкції, вони починають періодично надсилати корисну інформацію протягом роботи мережі і цей процес не виділяється в окремий етап.

Вузли мережі можуть надсилати вузлу-координатору замість історії спостережень уже обчислені параметри, але це викликає обмеження на знаходження оптимального маршруту на рівні цілої мережі, а не лише біля певного вузла. Також це викликає підвищення обчислювального навантаження на окремі вузли мережі. Перевагою цієї методики являється зняття навантаження з каналів мережі, оскільки передача декількох обчислених параметрів від вузлів використовує менше мережевого трафіку, ніж передача цілої історії спостережень від кожного вузла.

Процес доставки інформації у вузол-координатор являється основною задачею маршрутизації повільного трафіку. Для організації повільного трафіку використовуються дві метрики d_1 і d_2 . Перша метрика дозволяє отримати більш надійні маршрути, друга – маршрути з найменшим часом очікування. Процес пересилання залежить від вибору метрики, можна використовувати будь-яку метрику з наявних у маршрутних таблицях або дві одночасно з використанням певних коефіцієнтів.

Крім доставки пакетів до вузла-адресата існують додаткові задачі маршрутизації, наприклад, мінімізація часу пересилки. Для вирішення цієї задачі може використовуватись географічна маршрутизація, яка призначена для мереж з фіксованою топологією. Її суть в тому, що пакет даних пересилається в той доступний вузол, який реалізує зменшення деякої природньої метрики, наприклад, міської або евклідової. Такий підхід забезпечує переважно локальний вигреш, і у деяких випадках частина інформації може бути не доставлена. Підхід, який використовує метрику для зниження часу доставки, полягає у використанні ймовірнісної таблиці, побудованої по першій метриці. Шлюзом для пересилки стає вузол, який має найменшу метрику. У разі неактивності цього вузла відбувається його очікування.

Друга додаткова задача – мінімізація числа операцій пересилання. В основному, кожен пакет пересилається окремо, але іноді виникає необхідність об'єднання (агрегування) пакетів, за рахунок чого скорочується загальне число пересилань. Часто пересилання одного великого пакету даних ефективніше, ніж відправка декількох менших з таким же об'ємом. Пакети приймаються групами, накопичуються, впорядковуються і пересилаються в нових блоках.

Історія спостережень дозволяє обґрунтувати умови групування і надсилання. Мінімальною величиною метрики d_2 є метрика, яку можна трактувати як середній час доставки пакетів з даного вузла у вузол-координатор, і на його основі вести пересилку. Якщо час, вже пройдений пакетом, разом з часом, який пакету ще треба пройти, в сумі дають менше відведеного на доставку, то пакет можна відкласти, інакше його треба додати в групу посилки. Інтелектуальний характер агрегації грає важливу роль.

Маршрутизація в умовах виходу із ладу частини вузлів. Вузли можуть виходити з ладу на певний (тривалий або безкінечний) проміжок часу. Якщо в мережі можливі такі події (закінчився запас енергії, агресивні умови оточуючого середовища і т.д.), то необхідно введення додаткових механізмів в алгоритм маршрутизації, які будуть реагувати на подібні зміни в топології. Метод на основі дерева маршрутів, має бути замінений на метод обмеженого очікування (метод множинних маршрутів).

При отриманні транзитного пакета, тобто такого пакета, для якого поточний вузол не являється адресатом, вузол витягує зі своєї таблиці маршрутизації рядок с найменшим

значенням метрики, який містить допустимий шлюз. Допустимим шлюзом в даному випадку вважається такий шлюз, який ще не використовувався для доставки цього пакета. Очевидно, що ця вимога витікає з високої вірогідності зациклювання пакета при відправці його через один з використаних раніше для цього шлюзів. У випадку неможливості вибору допустимого шлюза можливі різні алгоритми дії вузла, наприклад, скидання інформації про використані шлюзи з урахуванням того, що топологія мережі могла змінитися і маршрут, який привів до цього циклу, міг розімкнутися. Найпростішим варіантом реагування вузла на неможливість знайти допустимий шлюз являється констатація факту втрати пакету.

Після того, як вузол обрав шлюз, через який можливо виконати відправку пакету, він перевіряє можливість встановлення зв'язку зі шлюзом. Якщо з вузлом – шлюзом в цей момент може бути встановлений зв'язок, то виконується відправка пакета шлюзу. Інакше вузол переходить до очікування появи зв'язку. Максимальний час, протягом якого вузол буде очікувати відновлення зв'язку з шлюзом, залежить від середнього часу неактивності зв'язку і визначається співвідношенням (1):

$$t_{кр} = -T_0 \cdot \ln p_{кр} \quad (1)$$

де $t_{кр}$ – граничний час очікування реактивації шлюзу, а $p_{кр}$ – параметр алгоритму.

Подальші дії вузла залежать від того, чи відновився зв'язок до вичерпання граничного часу очікування. Якщо зв'язок встиг відновитися, що можливо при умові справності вузла-шлюза, то поточний вузол передає йому блок даних. Якщо шлюз вийшов з придатності, вузол видаляє зі своєї таблиці маршрутизації рядок з даним шлюзом. Це необхідно, щоб не відбувалося повторне очікування потенційного несправного вузла в майбутньому. При цьому треба упевнитися, що вузол-шлюз дійсно несправний, а не просто виключався на тривалий час. Це досягається вибором достатньо малого значення параметра $p_{кр}$.

Дана модифікація таблиці маршрутизації являється необов'язковою і призначена для запобігання повторних очікувань, за рахунок скорочення часу доставки. Це можна реалізувати, призначивши кожному шлюзу лічильник збоїв, який скидається при успішній відправці пакета через цей шлюз. Це додатково скоротить частку помилкових спрацювань механізму відсіювання несправних вузлів.

Незалежно від того, модифікована таблиця маршрутизації чи ні, у випадку збою шлюза, слід обрати наступний допустимий шлюз і повторювати процес.

Висновки. У даній статті було розглянуто особливості механізму організації сповіщень. Також пояснена важливість додаткових задач маршрутизації - мінімізації часу операцій пересилання і застосування агрегації. Розроблено алгоритм дій при виході з ладу частини вузлів сенсорної мережі з використанням методу обмеженого очікування в маршрутизації.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Звягін, М.Ю. Мілованов, Д.С. Прокошев, В.Г. Алгоритми збору інформації, маршрутизації і агрегації в мобільних мережах // Матеріали Третього Міжнародного Форуму з проблем науки, техніки і освіти. – М. 2007. –Т.2. – С.91-93.
2. Шамін, П.Ю. Батаєв, Р.А. Мілованов, Д.С. Експериментальна перевірка застосовуваності алгоритма маршрутизації і основ ймовірнісного підходу для використання в безпроводових мережах зі змінною топологією на базі технології Bluetooth // Перспективні технології в засобах передачі інформації: матеріали VII Міжнародної конференції. – Володимир, 2007.-С.97-99.
3. Воронін, І.В. Хоменко, М.Д. Реалізація розподіленого алгоритму балансування трафіку сенсорної мережі для збільшення часу життя. /Електронний ресурс/<http://2012.nscf.ru/Tesis/Voronin.pdf>
4. Єрохін, С.Д. Махров, С.С. Протоколи маршрутизації в безпроводових сенсорних мережах: засновані на місцеположенні вузлів і спрямовані на агрегацію даних. //Т-Comm – Телекомунікації і транспорт. –Вип. 3. – 2013. –С.44-47.

References:

1. Zviahin, M.Yu. Milovanov, D.S. Prokoshev, V.H. (2007), "Algorithms of information gathering, aggregation and routing in mobile networks", *Materialy Tret'oho Mizhnarodnoho Forumu z problem nauky, tekhniky i osvity*, vol.2, pp.91-93.
2. Shamin, P.Yu. Bataiev, R.A. Milovanov, D.S. (2007), "Experimental verification of the applicability of routing algorithms and the foundations of probabilistic approach to use in wireless networks with variable topology based on Bluetooth technology", *Perspektyvni tekhnologii v zasobakh peredachi informatsii: materialy VII Mizhnarodnoi konferentsii*, pp.97-99.
3. Voronin, I.V. Khomenko, M.D. (2012), "Implementing a distributed algorithm for balancing traffic sensor network to extend the network life", [Online], available at: <http://2012.nscf.ru/Tesis/Voronin.pdf> (Accessed 09 Feb 2015).
4. Yerokhin, S.D. Makhrov, S.S. (2013), "Routing protocols in wireless sensor networks, based on the location of nodes and directed to the aggregation of data", *T-Comm - Telekommunikatsyy y Transport*, vol.3, pp. 44-47.

УДК 351.321

І.В. Алексеева
к. фіз.-мат. н., доцент,
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

А.О. Заруцька
магістр,
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

СИНХРОНІЗАЦІЯ У БЕЗДРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ШВИДКИХ І ПОВІЛЬНИХ ЛОКАЛЬНИХ ГОДИННИКІВ

***Анотація.** У науковій статті розглядається суть методу синхронізації в бездротових сенсорних мережах з використанням швидких і повільних локальних годинників. Запропонований метод дозволяє досягти попарної синхронізації вузлів БСМ. Детально досліджено калібрування повільних годинників по швидким та розглянуто алгоритм підтримки синхронізації локальних годинників сенсорних вузлів БСМ.*

***Ключові слова:** бездротові сенсорні мережі, локальні годинники, прецизійна синхронізація*

И.В. Алексеева
к. физ.-мат.н., доцент,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

А.А. Заруцкая
магістр,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

СИНХРОНИЗАЦИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЫСТРЫХ И МЕДЛЕННЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ЧАСОВ

***Аннотация.** В научной статье рассматривается суть метода синхронизации в беспроводных сенсорных сетях с использованием быстрых и медленных локальных часов. Предложенный метод позволяет достичь попарно синхронизации узлов БСС. Подробно исследовано калибровка медленных часов по быстрым и рассмотрен алгоритм поддержки синхронизации локальных часов сенсорных узлов БСС.*

***Ключевые слова:** беспроводные сенсорные сети, локальные часы, прецизионная синхронизация*

Alekseeva I.

Zarutska A.
Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine
“Kievan polytechnic institute”

METHOD OF PRECISION SYNCHRONIZATION IN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING THE FAST AND SLOW LOCAL TIME

Annotation. In the scientific article discusses the essence of the method of synchronization in wireless sensor networks using the fast and slow local clocks. The proposed method allows synchronization of nodes in pairs. Detailed the calibration slow hours on a fast and reviewed algorithm to support the synchronization of local clocks of sensor nodes WSN.

Keywords: wireless sensor networks, local clock, precisionsynchronization

Вступ. Найбільш поширеними є бездротові сенсорні мережі з автономним електроживленням сенсорних вузлів. Очікуваний час роботи сенсорного вузла в такій мережі складає кілька років. Такий великий термін роботи досягається за рахунок імпульсного характеру роботи мережі: більшу частину часу вузли знаходяться в режимі наднизького енергоспоживання ("сну"), не виконуючи ніяких операцій та дій; періодично вузли переходять в активний режим, зчитують інформацію з навколишнього середовища, наприклад знімають показники температури, та обмінюються даними з сусідніми вузлами. Для проведення сеансу зв'язку необхідно, щоб всі сенсори, що беруть участь в цьому сеансі, одночасно включили свої прийомопередавачі, а ця процедура вимагає синхронізації локальних годинників сенсорних вузлів. Крім того, точний час на сенсорному вузлі необхідний для формування часових міток даних, зчитаних з сенсорів.

Аналіз досліджень і публікацій. У [1] запропоновано простий алгоритм синхронізації годинників, за допомогою якого досягається точність синхронізації локальних годинників, що дорівнює 500 мс. Автори роботи принесли в жертву точність, проводячи синхронізацію локальних годинників вузлів як можна рідше. Використання цього підходу призведе до сильного збільшення інтервалу прослуховування пакета, що означає зростання енергоспоживання вузлом. У дослідженні [2], досягається точність синхронізації локальних годинників вузлів порядку 50 мкс. Експеримент проводиться на сенсорних вузлах МіСА, на яких встановлено мікроконтролер АТМЕГА103L, що працює на частоті 4 МГц. Дана частота дозволяє вимірювати час з точністю до 0,25 мкс. У [3] той же підхід застосовується на вузлах Міса2, обладнаних мікроконтролером, що працює на частоті 7,37 МГц, у середньому досягається точність порядку 20 мкс. В [4] алгоритм запускався на теж на сенсорному вузлі Міса2. Годинники працюють з частотою 921 КГц. Досягається середня точність порядку 15 мкс.

Останні три описані дослідження мають один спільний недолік - у всіх них використовуються швидкі годинники, що працюють постійно. Хоч при цьому і з'являється можливість досягти високої точності синхронізації часу, але одночасно серйозно страждає енергетична ефективність, оскільки постійно працюючий швидкий генератор споживає порівняно багато енергії.

У деяких розподілених системах, наприклад, в SDH в якості засобу синхронізації часу використовуються системи глобального позиціонування GPS або Глонасс. Система GPS забезпечує точність визначення часу порядку 240 нс [5]. Однак установка GPS -модуля призведе до значного збільшення вартості вузла сенсорної мережі, а також до зростання енергоспоживання вузла, зводячи, таким чином, нанівець виграш від високоточної синхронізації годин. Крім того, стійка робота GPS неможлива всередині будівель.

У мережі Інтернет для задач синхронізації часу успішно використовується алгоритм NTP [6]. Але він погано пристосований до роботи в умовах обмежених комунікаційних і обчислювальних можливостей вузлів сенсорної мережі.

Таким чином, у пропонованих підходах досягається або низьке енергоспоживання, або висока точність. Однак необхідно домогтися досить високої точності, не жертвуючи при цьому енергоспоживанням.

Постановка завдання. Розглянемо сеанс зв'язку: приймач сенсорного вузла починає прослуховувати ефір трішки раніше, ніж передаючий вузол вмикає передавач і починає відправку пакету. Такий сеанс зв'язку буде успішним. Розглянемо сеанс зв'язку, коли поступова розсинхронізація локальних годинників сенсорів приводить до того, що приймач сенсорного вузла починає прослуховувати ефір набагато раніше, ніж передаючий вузол вмикає передавач і починає відправку пакету. Цей сеанс буде неефективним оскільки сенсорний вузол витрачає набагато більше часу на прослуховування, ніж на отримання переданого пакету. Також розглянемо неуспішний сеанс зв'язку: приймаючий сенсор закінчив сеанс прослуховування ефіру раніше, ніж передаючий вузол почав відправляти пакет. В цьому випадку синхронізація вузлів порушена, тому передача пакетів не відбулася.

Приймач - основне джерело витрат енергії в сенсорному вузлі. Мінімізуючи час його роботи, можна отримати суттєвий вииграш щодо економії енергії.

На рис. 1 представлена залежність середнього енергоспоживання вузла БСМ від тривалості інтервалу прослуховування. Обчислення виконано для швидкості 250 Кбіт/с. Період сеансів зв'язку дорівнює 15 с. Прийнято, що енергоспоживання в режимі прийому становить 13,2 мА, в режимі сну - 0,02 мкА.

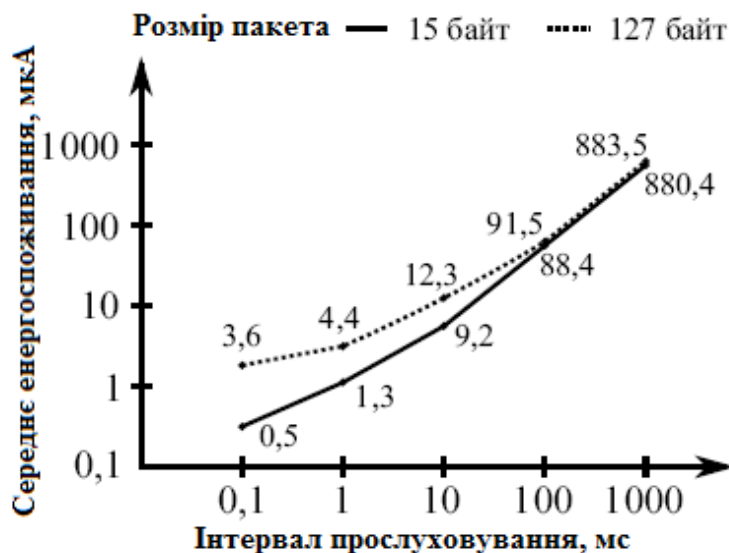


Рисунок 1. Залежність середнього енергоспоживання вузлом сенсорної мережі від тривалості інтервалу прослуховування

Слід відзначити, що витрати енергії при скороченні тривалості інтервалу прослуховування з 100 мс до 1 мс зменшуються в ~ 20 разів при довжині пакета 127 байт.

Тобто чим краще синхронізовані між собою годинник передавального і приймаючого вузлів, тим менший запас в інтервалі прослуховування може допускати приймаючий вузол, і тим менше енергії він витратить на порожнє прослуховування ефіру. Погана синхронізація сприяє неефективній витраті енергії на приймаючому вузлі.

З вище наведеного аналізу випливає, що необхідно використовувати як можна точніший метод синхронізації для забезпечення мінімального енергоспоживання сенсорними вузлами, а отже і максимального терміну їх роботи.

Виклад основного матеріалу

Суть методу прецизійної синхронізації з використанням двох локальних годинників. Пропонований підхід ґрунтується на використанні специфічної апаратної платформи для створення сенсорного вузла. Вузол матиме два локальні годинники, а саме:

- швидкий (1 МГц), що має високу стабільність (3,3 ppm), але й порівняно високе енергоспоживання (близько 1 мА);

- повільний (32768 Гц), що має низьку стабільність (36 ppm) але і низьке енергоспоживання (0,01 мА).

Передбачається, що повільний годинник працює постійно і забезпечує вихід сенсорного вузла з режиму сну. Повільні локальні годинники сенсорних вузлів тактуються від кварцового резонатора камертонного типу. Для цих резонаторів характерна значна зміна частоти в залежності від температури.

Швидкий годинник в режимі сну не працює, що забезпечує мінімізацію енергоспоживання. У періоди сеансів зв'язку швидкий годинник використовується для визначення точного часу включення прийомопередавача.

Для зменшення швидкості розходження локальних годинників сенсорних вузлів, кожен з вузлів автономно виконує калібрування повільних годинників по швидким, також слід враховувати температурну поправку при розрахунку часових інтервалів, про яку йтиметься далі. Для усунення розбіжності, що залишається, при кожному сеансі зв'язку проводиться синхронізація.

Запропонований метод дозволяє досягти попарної синхронізації вузлів БСМ. Це означає, що кожен з вузлів сенсорної мережі підтримує актуальну інформацію про розходження його власного годинника з годинником тільки тих вузлів, з якими даний вузол зв'язується або знаходиться по-сусідству. Існують моделі синхронізації часу, в яких час підтримується синхронізованим по всій мережі, але це ускладнює алгоритми і призводить до більшої витрати енергії, в більшості випадків, не даючи значних переваг.

Калібрування повільних годинників по швидких. Процедура калібрування полягає в тому, щоб виміряти один і той же досить тривалий часовий проміжок і повільним, і швидким локальними годинниками, а потім обчислити коефіцієнт, який дозволить компенсувати розбіжність повільних годинників. Цей випадок - єдиний в робочому циклі пристроїв БСМ, коли швидкий годинник використовується для вимірювання настільки тривалого часового проміжку, тому також має сенс застосовувати до них процедуру врахування температурних поправок.

Процедура передбачає наступні дії:

(1) Відключається звичайний перехід пристрою в режим сну. Це необхідно для того, щоб швидкий годинник під час калібрування не зупинявся.

(2) Відбувається зчитування показників повільного годинника, в цей же момент знімаються показники швидкого годинника.

(3) Відбувається очікування протягом відносного великого часового інтервалу (>900 мс).

(4) Відбувається зчитування показників повільного годинника, в цей же момент також знімаються показники швидкого годинника.

(5) На основі отриманих значень часу для обох годинників, обчислюється калібрувальний коефіцієнт за формулою (1):

$$C_c = 1 + \frac{\Delta t}{t} \quad C_c = 1 + \frac{\Delta t}{t} \quad (1)$$

де C_c - шуканий калібрувальний коефіцієнт;

Δt - час, що минув між пунктами 2 і 4 згідно швидкому годиннику;

t - час, що минув між пунктами 2 і 4 згідно повільному годиннику.

Процедура проводиться замість одного з довгих (> 900 мс) періодів сну вузла БСМ. Таким чином тривала монополізація процесора залишається непоміченою і не заважає роботі

інших процесів, що відбуваються для сенсора. Отриманий калібрувальний коефіцієнт щоразу застосовується при зверненні до показань повільних годинників.

Процедура калібрування дозволяє мінімізувати вплив відхилення робочої частоти конкретного екземпляра кварцового резонатора від номінальної.

Калібрування проводиться один раз при старті вузла БСМ, але періодично може повторюватися для компенсації можливого накопичення помилки.

За даними отриманими експериментальним шляхом, відомо, що відкалібровані повільні локальні годинники двох вузлів розходяться зі швидкістю ~ 4 ppm. Таким чином, швидкість розбіжності практично доведена до мінімально можливої (3,3 ppm) для конкретної апаратної платформи.

Алгоритм підтримки синхронізації локальних годинників сенсорних вузлів БСМ. Описані вище механізми дозволяють добитися мінімальної розбіжності локальних годинників на одному сенсорі, але з часом годинники різних пристроїв будуть розходитися один щодо іншого. Основною причиною цього є зміна температури пристроїв. Іншою причиною є тимчасова нестабільність кварцових резонаторів (зміна робочої частоти з часом), з якою не вдається боротися методом калібрування, так як і швидкий, і повільний кварцові резонатори, згідно з паспортними даними, мають однакову часову нестабільність, рівну ± 3 ppm / рік.

Це говорить про необхідність введення методу корекції розбіжностей годинників під час роботи сенсорів в реальних умовах.

Початкова синхронізація локальних годинників сенсорів досягається під час процедури конфігурації - при підключенні нового сенсорного вузла до існуючої мережі. Після цього є актуальним питання підтримки синхронізації. Для цього було розроблено і запропоновано алгоритм, що описаний нижче:

(1) Приймаючий вузол під час планування чергового сеансу зв'язку оцінює час, через який має відбутися сеанс. Тривалість інтервалу прослуховування тим більше, чим більше час до наступного сеансу. Сеанс планується таким чином, щоб момент прийому пакета від передавального вузла припадав точно на середину інтервалу.

(2) Настає час сеансу, передаючий вузол виконує одну з дій: (а) якщо є дані для відправки, то вузол передає звичайний пакет з даними; (б) якщо даних немає, то для підтримки синхронізації передається пакет мінімальної довжини (15 байт для мереж 802.15.4).

(3) Приймаючий вузол, використовуючи переривання RX_START, зберігає тимчасову мітку початку отримання пакета (рис.2). Пакет обробляється пристроєм як звичайно. Після цього обчислюється різниця D між фактичним і очікуваним часом початку отримання пакету і проводиться зсув часу наступного сеансу за формулою (2):

$$C'_s = C_s \quad C'_s = C_s \quad (2)$$



Рисунок 2. Час початку отримання пакета зберігається обробником переривання RX_START

Крім того, якщо отримуємо ΔT_1 і ΔT_2 , то це означає, що годинники сенсорів йдуть з різною швидкістю. Можна оцінити швидкість розходження годинників і використовувати її при плануванні часу наступного сеансу. Шукана швидкість розбіжності визначається формулою (3):

$$S = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{T_{\text{sync}}} \quad (3)$$

де T_{sync} - час, що минув з моменту попередньої синхронізації.

Знак S показує напрямок розходження.

Величина компенсації буде обчислюватися наступним чином:

$$C_d = T_{\text{next}} \cdot S \quad (4)$$

де T_{next} - час до наступного сеансу зв'язку.

Відзначимо також, що запропонований спосіб синхронізації - пасивний, що означає відсутність спеціально переданих в цілях синхронізації даних.

Таким чином, необхідно, щоб при плануванні сеансу зв'язку, спираючись на показники локального годинника, сенсор БСМ враховував:

- калібрувальна поправка;
- температурну поправку;
- поправку на відому розбіжність;
- компенсацію різниці швидкостей годинників;
- запас на максимальне розходження годинників за час, що минув з моменту останньої синхронізації.

При отриманні показань повільних годинників враховуються калібрувальна і температурна поправки:

$$t = t' \times C_c \quad (5)$$

де t' - початкові показання повільного годинника;

C_c - показники повільного годинника з урахуванням поправок.

Нехай наступний сеанс зв'язку по протоколу повинен відбутися через час T . Тоді по локальному годиннику сенсора сеанс слід провести через час:

$$T' = T + C_s + C_d \quad (6)$$

Слід врахувати, що тривалість інтервалу прослуховування для одного сеансу зв'язку повинна бути також збільшена на C_s . Базова тривалість інтервалу прослуховування приймається рівною подвоєній точності синхронізації.

Швидкість розходження, що визначає поправку C_s , може відносно швидко змінюватися під час роботи пристроїв (наприклад, в результаті зміни температури одного з пристроїв). Тому поправка C_s не застосовується, якщо швидкість розбіжності була

обчислена на основі даних, отриманих більше, ніж за N секунд назад, де N - параметр, який задається адміністратором мережі.

Час від часу запланований сеанс зв'язку може не відбутися, наприклад, через дії потужної перешкоди в момент часу, що вибраний для сеансу зв'язку. У такому випадку чергова синхронізація годинників не відбудеться, і при плануванні наступного сеансу зв'язку приймаючий вузол повинен попередньо збільшити запас . Збільшення також відбувається, якщо не застосовувалася поправка .

Висновки. Розв'язана актуальна наукова задача щодо розвитку метода прецизійної синхронізації у бездротових сенсорних мережах із використанням швидких та повільних локальних годинників.

Запропоновано, для зменшення швидкості розбіжності локальних годинників сенсорних вузлів, враховувати температурну поправку при розрахунку часових інтервалів, доопрацьовано алгоритм калібрування повільних годинників по швидким. Для усунення розбіжності, що залишається, запропоновано алгоритм підтримки синхронізації в БСМ.

Запропонований метод дозволяє досягти попарної синхронізації вузлів БСМ. Це означає, що кожен з вузлів сенсорної мережі підтримує актуальну інформацію про розходження його власного годинника з годинником тільки тих вузлів, з якими даний вузол зв'язується або знаходиться по-сусідству. Існують моделі синхронізації часу, в яких час підтримується синхронізованим по всій мережі, але це ускладнює алгоритми і призводить до більшої витрати енергії, в більшості випадків, не даючи значних переваг.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ (REFERENCES):

1. Janavan Greunen, Rabaey J. Lightweight Time Synchronization for Sensor Networks // Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Wireless Sensor Networks and Applications, 2003
2. Ganeriwal S., Kumar R., Srivastava M. B. Timing-sync Protocol for Sensor Networks // Proceedings of the 1st International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2003
3. Maroti M., Kusy B., Simon G., Ledeczi A. The Flooding Time Synchronization Protocol // Proceedings of the 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2004
4. Sommer P., Wattenhofer R. Gradient Clock Synchronization in Wireless Sensor Networks // Proceedings of the 2009 International Conference on Information Processing in Sensor Networks, 2009
5. GPS Standard Positioning Service Performance Standard, <http://www.pnt.gov/public/docs/2008/spgps2008>
6. Mills D. L. Internet time synchronization: the network time protocol // IEEE Transactions on Communications, 1991

О.І. Лисенко
д.т.н. , професор,
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

С.В. Кашуба
магістр,
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

МЕТОДИ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ У СУПУТНИКОВИХ КАНАЛАХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Анотація. Сенсорні системи є ефективним засобом збору інформації про оточуюче середовище. Для забезпечення швидкісної та надійної передачі, а також гнучкості розгортання систем, безпроводні сенсорні мережі можуть використовувати супутникові канали передачі. Більшість супутникових технологій передачі даних не враховує особливих вимог, що виникають у сенсорних мережах. В роботі розглянуто проблему організації множинного доступу до супутникового каналу та запропоновано можливі шляхи вдосконалення до наявних протоколів множинного доступу з наданням ресурсу за потребою.

Ключові слова: безпроводні сенсорні мережі, множинний доступ, DAMA.

А.И. Лысенко
д.т.н, профессор,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

С.В. Кашуба
магистр,
Институт телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины «КПИ»

МЕТОДЫ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА В СПУТНИКОВИХ КАНАЛАХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. Сенсорные системы являются эффективным средством сбора информации об окружающей среде. Для обеспечения скоростной и надежной передачи, а также гибкости разворачивания систем, беспроводные сенсорные сети могут использовать спутниковые каналы передачи. Большинство спутниковых технологий передачи данных не учитывает особенных требований, которые возникают в сенсорных сетях. В работе рассмотрена проблема организации множественного доступа к спутниковому каналу и предложены возможные пути усовершенствования имеющихся протоколов предоставления ресурсов по запросу.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, множественный доступ, DAMA.

Lysenko A.
doctor of tech. sciences, professor,
Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine
“Kievan polytechnic institute”

Kashuba S.
master,
Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine
“Kievan polytechnic institute”

ADAPTATION OF DEMAND ASSIGNMENT MULTIPLE ACCESS METHODS IN SATELLITE CHANNELS FOR SENSOR NETWORKS

Annotation. Sensory systems are an effective mechanism for collection of information about the environment. To ensure fast and reliable transmission, system deployment flexibility wireless sensor networks can use satellite transmission channels. Most satellite data transmission technologies do not address specific requirements that arise in sensor networks. The paper considers problem of multiple access in satellite channel and suggest possible ways to improve the existing protocols providing resources on demand in sensor networks context.

Key words: wireless sensor networks, multiple access, DAMA.

Вступ. Розвиток наземних кабельних та бездротових технологій доступу дозволяє надання всього спектру телекомунікаційних послуг, але, в умовах значного територіального рознесення вузлів зв'язку та при необхідності оперативного розгортання, супутникові мережі є ефективним інструментом отримання надійного та швидкісного зв'язку. Однією зі сфер телекомунікацій, де виникають зазначені вище умови, є безпроводні сенсорні мережі (БСМ).

БСМ можуть використовуватися у ряді систем спостереження за територіально розподіленими об'єктами. Виділяють наступні прикладні сфери їх застосування: моніторинг та спостереження за віддаленими районами (особливо, в надзвичайних ситуаціях); збір даних про об'єкти спостереження (SCADA системи); моніторинг важливих інфраструктур; моніторингу навколишнього середовища [1]. У деяких випадках, наприклад, при необхідності організації спостереження за територією з відсутньою або зруйнованою наземною інфраструктурою, використання супутникового сегменту для передачі даних від сенсорів до центру обробки даних є просто необхідним.

В залежності від масштабів розгортання та особливостей інформації, що збирають сенсори, характеристики навантаження можуть відрізнятися у значній мірі. Система може отримувати кілобайти інформації за добу, а може, у тому числі, призначатися для збору аудіо чи відео інформації.

Фізичні ресурси супутникових систем мають жорсткі обмеження, що пов'язані зі значним віддаленням ретранслятора від поверхні Землі та можливостями супутникової платформи. Це лише посилює проблему організації множинного доступу до супутникового каналу. На відміну від супутникових систем, що призначені для організації комп'ютерних мереж та доступу до Інтернет, у БСМ супутниковий сегмент використовується переважно у зворотному напрямку (від рознесених земних терміналів до ЦОД). Це робить вибір протоколу доступу до каналного ресурсу супутникової системи важливою задачею, вирішення якої безпосередньо впливає на характеристики та економічну ефективність системи у цілому.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботі [1] проведено широкий огляд різних випадків використання супутникових ліній передачі у БСМ. Більшість БСМ використовують супутниковий термінал для організації зв'язку з однією або декількома вихідними точками наземного сегменту сенсорної мережі. Проте можливі варіанти, коли сенсори виконують передачу у напрямку супутника безпосередньо (у тому числі розглядається колективна передача ідентичної інформації від групи сенсорів [2]).

Велика кількість супутникових систем для інтерактивної передачі даних є реалізаціями з використанням стандарту DVB-RCS [3, 4]. Роботи здебільшого розглядають застосування супутникових систем для передачі даних комп'ютерних мереж з якістю, що необхідна для мультимедійних сервісів.

Постановка задачі. При утворенні «містка» між сенсорами та ЦОД, використання супутникового обладнання, призначеного для комп'ютерних мереж, може привести до недостатньо ефективного використання ресурсів ССЗ та/або ресурсів супутникових терміналів. У якості архітектури БСМ розглядається система, що має велику кількість сенсорів розміщених одним або декількома групуваннями. У межах кожного групування може існувати один чи декілька вихідних вузлів БСМ, що передає зібрані дані на супутник (рис.1).

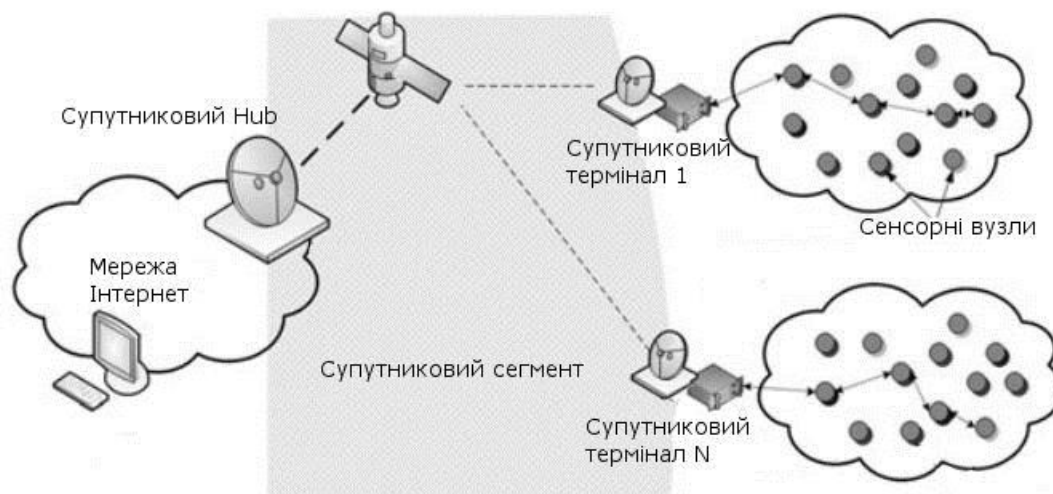


Рис.1. Загальна схема БСМ, що розглядається

Передбачається, що мережеве навантаження від груп сенсорів може варіюватися у значній мірі. Сенсори можуть перебувати у неактивному стані, генерувати малу кількість даних (агреговані числові дані після компресії) або навпаки здійснювати інтенсивну передачу даних (наприклад, відео чи зображення).

Огляд протоколів множинного доступу ССЗ. За ознакою об'єкта, що ініціює передачу, можна виділити протоколи з опитуванням і без опитування. Протоколи множинного доступу (ПМД) з опитуванням передбачають наявність центральної станції (ЦС), яка послідовно опитує земні станції (ЗС). При цьому інформація від ЗС передається кадрами фіксованого тривалості. Кожній ЗС в кадрі виділяється тимчасове вікно, тривалість якого пропорційна апріорним відомостям про інформаційну активності даної ЗС. Ініціатором початку передачі є ЦС, яка відповідно до заздалегідь заданої програми, по черзі опитує ЗС.

Процедура опитування зводиться до передачі по окремому службовому каналу сигналу дозволу початку передачі. У разі змінної інформаційної активності ЗС процедура опитування наводить до малоефективного використання пропускну здатності каналу зв'язку, оскільки розміри часових вікон в кадрі доводиться вибирати, орієнтуючись на максимальне значення інформаційної активності кожної ЗС, і в результаті значна частина кадру може виявитися незаповненою.

Пропускна здатність ПМД з опитуванням в першу чергу визначається відношенням часу перемикання між станціями, що включає в себе затримку поширення, час передачі запиту і час взаємної синхронізації ЦС і ЗС, до середньої тривалості інформаційної посилки. Для геостационарних ретрансляторів час перемикання складе не менше 0,5 с. Оскільки під час перемикання жоден термінал не здійснює передачу, ефективного використання каналу можливо при тривалості інформаційної посилки 3-5 с. Тому можливість використання опитувальних ПМД в ССЗ обмежується лише мережами збору даних з низькою швидкістю.

При використанні ПМД без опитування ініціатором передачі є земні станції. Протоколи фіксованого доступу передбачають поділ супутникового каналу зв'язку на ряд віртуальних каналів, що відрізняються один від одного за частотною, часовою або кодовою ознакою. Кожен з віртуальних каналів статично закріплюється за однією з ЗС мережі. Планування розподілу ресурсів супутникового каналу між ЗС здійснюється на досить тривалі відрізки часу на підставі апріорних відомостей про інформаційну активності станцій.

На противагу фіксованим, при випадковому асинхронному доступі будь-яка координація роботи між станціями повністю відсутня. Ресурс супутникового каналу є загальним для всіх

станцій, і кожна з них здійснює передачу по мірі виникнення необхідності. При цьому частина пропускної здатності каналу зв'язку безповоротно втрачається через можливість зіткнення в часі передачі інформаційних пакетів від різних станцій. Протоколи синхронного випадкового доступу передбачають часткову наявність синхронізації між ЗС мережі.

Естафетні ПМД без опитування базуються на переміщенні по мережі відповідно до заздалегідь обраного маршруту маркера активності ЗС. Чергова активна ЗС, закінчуючи свою передачу, передає умовний сигнал закінчення передачі. Решта станції мережі, прийнявши цей сигнал, дізнаються про звільнення каналу, і право передачі (естафета) переходить до наступної на маршруті маркера активності станції. Конфліктів при використанні каналу зв'язку вдається уникнути завдяки тому, що маршрут передачі естафети відомий заздалегідь всім станціям.

Велику групу ПМД складають протоколи з резервуванням каналу за запитом (Demand Assignment Multiple Access – DAMA). У цьому випадку існує виділений або суміщений (з інформаційним) канал керування для передачі запитів і відповідей. Станція, у якій є інформація для передачі, спочатку передає по каналу керування запит на виділення їй частини колективного ресурсу супутникового каналу. Після обробки запиту та оцінки поточного стану мережі станції через відповідний канал передається номер і час заняття виділеного їй каналу. Якщо в каналі керування використаний метод доступу без колізій, ПМД з резервуванням називається безконфліктним, а в іншому випадку – конфліктним [5].

Вимоги до протоколів множинного доступу ССЗ, що використовуються в БСМ. Порівняння ПМД.

До типових вимог ПМД супутникових систем можна віднести наступні:

- ПМД повинен забезпечувати задані показники якості обслуговування інформаційних потоків користувачів;
- ПМД повинен забезпечувати максимально можливий коефіцієнт використання пропускної здатності каналів зв'язку мережі;
- технічні засоби, що забезпечують функціонування ПМД, повинні бути прийнятні за критерієм складності/вартість.

Застосування супутникового каналу у БСМ також додає важливу вимогу мінімізації використання енергетичних ресурсів джерела живлення СТ.

Відповідно до цих вимог та постановки завдання порівняємо ПМД описані у попередній частині.

Фіксовані ПМД ефективні лише для передачі інформації з постійною інтенсивністю, яка може бути оцінена для кожного СТ заздалегідь. Надання для СТ каналу в одноосібне користування може бути занадто неекономічним (особливо, якщо кількість СТ у системі перевищує одиниці).

ПМД з опитуванням не є прийнятними в умовах, коли сенсорна мережа може потребувати надсилання мультимедійних даних на високій швидкості (знижується ефективність використання каналу через час переключення процесу передачі між СТ).

ПМД з випадковим доступом практично не витрачають канал на передачу службової інформації. Але при високих навантаженнях в мережі вони втрачають ефективність використання ресурсу через можливі колізії (одночасна спроба зайняття каналу декількома СТ). Для БСМ це також пов'язано з додатковим використанням енергії СТ через необхідність повторної передачі даних після колізії.

Протоколи з наданням ресурсу каналу за запитом (DAMA) є одним з найгнучкіших способів реалізації множинного доступу в інтерактивних (зі зворотним каналом) супутникових мережах. Вони дозволяють досягати високої ефективності використання каналу навіть при нерівномірному та інтенсивному навантаженні. Це досягається за рахунок централізованого управління ресурсами зворотного каналу, можливості реалізації різних класів обслуговування для різних типів трафіку.

Особливості роботи DAMA. Процес передачі даних в системах з DAMA відбувається в два етапи. На першому СТ відправляє коротке повідомлення про необхідний ресурс передачі через низькошвидкісний канал з випадковим доступом. Після отримання такого повідомлення центральна станція (ЦС) супутникової мережі відповідно до запиту та завантаженості решти

СТ визначає можливий ресурс, що буде виділено на певний проміжок часу. Інформація про дозволений ресурс передається до СТ.

На другому етапі відбувається власне передача корисних даних до ЦС. Перед закінченням періоду резервування ресурсу СТ може відправити новий запит, якщо є необхідність у продовженні передачі.

Характеристики протоколів DAMA супутникових систем для побудови комп'ютерних мереж адаптуються до потреб мультисервісних послуг. Основними критеріями їх оптимізації є пропускна здатність та мала затримка передачі. Виходячи з цього, період надсилання запитів на ресурс у таких системах намагаються зробити малим. Так, у стандарті DVB-RCS інтервал між надсиланням ресурсів складає 270 мс. Системи з технологією iDirect використовують інтервал 125 мс для зменшення затримки та джитеру [6].

Параметри ПМД цих систем не співвідносяться з вимогами енергоефективності до СТ, які ми розглядаємо. Крім того для сенсорних мереж, які, як правило, використовують симплексну передачу даних, вимоги щодо затримки передачі часто можуть бути послаблені.

Наявність додаткових вимог до енергоефективності СТ приводить потреби адаптації ПМД супутникової системи.

При роботі супутникового терміналу, основна енергія використовується на передачу сигналу. Тому необхідно зменшити час та енергоємність надсилання як корисної інформації так і службових повідомлень самого ПМД.

Зменшення кількості службових повідомлень, за рахунок довготривалого резервування. Для початкового входження в процес передачі термінал має відправити запит (частіше через канал з випадковим доступом). При високій нерівномірності трафіку обсяг таких початкових запитів може бути значним. Для уникнення необхідності частого надсилання службових повідомлень, може використовуватися резервування ресурсу на змінний (збільшений) термін часу. У такому разі утворюється аналогія каналу з фіксованим розподілом у множинному доступі. У той же час інші СТ можуть використовувати DAMA зі стандартними для системи інтервалами зайняття ресурсу.

Для каналу одного СТ ресурси можуть резервуватися як у кожному суперкадрі каналного рівня (270 мс DVB-RCS), так і з більш тривалим інтервалом, якщо час затримки передачі не є критичною характеристикою. Можливість такої роботи ПМД визначається лише здатністю ЦС належним чином обробляти повідомлення запитів.

Вибір значення проміжку резервування визначає період, протягом якого СТ може передавати дані зі сталою швидкістю без необхідності надсилати запити. Проте можливість надсилання запитів через службовий канал з випадковим доступом є завжди. Тому навіть при довготривалому резервуванні (хвилини, години), у разі необхідності різкого підвищення швидкості передачі зібраних даних, може бути надіслано запит, що буде супроводжуватися наданням ресурсу. Оперативність надання такого ресурсу є співрозмірною з часом подвійного супутникового «скачка», при реалізації DAMA в центрі керування мережею.

Розподіл ресурсів супутникового каналу відповідно до енергетичних умов СТ. Супутникові системи з DAMA як правило використовують цей ПМД над багаточастотним часовим багатостанційним доступом (MF-TDMA), який безпосередньо визначає принцип поділу супутникового ресурсу на фізичному рівні.

Різні несучі MF-TDMA можуть мати різну ширину, модуляцію і кодування. Це, в свою чергу, означає, що в залежності від несучої можуть змінюватися енергетичні вимоги до роботи передавача СТ. В умовах наявності вибору між каналами з різними характеристиками позитивний вплив на роботу системи з БСМ може мати явне управління правилами зайняття та параметрами сигналів супутникового каналу.

В багатьох сучасних системах радіозв'язку існують механізми автоматичного вибору таких параметрів передавача як потужність сигналу, позиційність модуляції та надмірність кодування. Такі механізми застосовуються у тому числі і до зворотного каналу супутникових систем. При чистому небі на зворотних каналах може підтримуватися високий коефіцієнт FEC, наприклад 6/7, а при погіршенні умов, скажімо через дощ, - здійснюватися перехід на більш надійний варіант FEC 2/3. При подальшому погіршенні умов - посилення дощу - термінал автоматично знизить бітову швидкість (за рахунок модуляції) для збереження

необхідного рівня достовірності передачі [7]. Проте такі механізми розглядаються незалежно для кожного каналу. У наведеному вище прикладі підтримання необхідної якості передачі може вимагати або зниження швидкості передачі корисних даних, або збільшенням фізичного ресурсу, що використовується СТ.

Проблема адаптивного налаштування каналів може бути розглянута як колективне змагання за канали з високим відношенням сигнал/шум для забезпечення необхідної якості передачі. Тому, можливим шляхом вирішення проблеми може бути включення у запити механізму DAMA інформації про бажане відношення сигнал/шум у приймачі ЦС, при певній потужності передавача. Таким чином частотні канали у сітці MF-TDMA з кращим енергетичним бюджетом можуть бути централізовано розподілені між терміналами з підвищеними втратами в лінії (погодні умови) або обмеженими ресурсами живлення (знижена вихідна потужність передавача).

Висновки. Безпроводні сенсорні мережі, які часто є засобом збору інформації зі значних територіальних ділянок, потребують надійного, швидкісного способу передачі зібраних відомостей до ЦОД. У багатьох сценаріях застосування БСМ така передача здійснюється за допомогою супутникового каналу. Особливості пристроїв БСМ та умов їх застосування можуть накладати енергетичні обмеження (використання ресурсу джерела живлення) не лише на сенсори, а й на вихідні точки наземної мережі (супутникові термінали).

Оскільки супутниковий канал в БСМ використовується переважно від терміналу до центральної станції, одним з важливих факторів, при виборі/побудові супутникового сегменту, є визначення кращого протоколу множинного доступу. Більшість сучасних систем супутникового доступу до мережі Інтернет та інтерактивних мультимедійних послуг використовують протоколи з наданням ресурсу за запитами або DAMA. Такі системи поєднують високу ефективність використання фізичних ресурсів ретранслятора та можуть гарантувати показники якості наданих каналів. Проте енергетичні особливості окремих терміналів та їх вимоги до обмеження витрат живлення не враховуються.

Запропоновані два шляхи введення механізмів зменшення енергетичних витрат супутникових терміналів систем з DAMA, що можуть використовуватися для передачі даних БСМ. Перший спосіб полягає використанні довготривалого низькошвидкісного резервування каналу, що зменшує обсяг передачі службових повідомлень (запитів) ПМД. Другий спосіб пропонує використовувати інформацію про енергетичний ресурс кожного СТ як один з параметрів розподілу ресурсів у роботі механізму DAMA. Таким чином на остаточний розподіл фізичних ресурсів супутникового транспондера має вплив не лише степінь завантаження терміналу, а і його енергетичне забезпечення у поточний момент часу, що є одним з критичних факторів при розгортанні БСМ.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Celandroni N., Ferro E., Gotta A. A survey of architectures and scenarios in satellite-based wireless sensor networks: system design aspects. // *Int. J. Satellite Communication Network.*, 31: 1–38. doi: 10.1002/sat.1019.
2. Poulakis M.I., Vassaki S., Panagopoulos P.A. Satellite-Based Wireless Sensor Networks: Radio Communication Link Design // *7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2013.
3. Dou Li, Binghui Ji, Haige Xiang The DAMA of DVB-RCS based Broadband Satellite Communication Networks with OBP // *International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia (ICWMMN2006) Proceedings.* – 2006. P. 1 – 4.
4. Chacón S., Casas J. L., Cal A. Multimedia applications of the integrated broadcast interaction system (IBIS) // *Seventh International Workshop on Digital Signal Processing Techniques for Space Communications, Sesimbra, Portugal.* – 2001. P. 1–8.
5. Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи. Учеб. пос. – М.: «Альпина Паблицер», 2004. – 536 с.
6. Платформа спутникового доступа iDirect / Электронный ресурс / <http://p3c.ru/idirect>

7. Барсков А. Спутниковая связь: оптимизация на всех уровнях // «Журнал сетевых решений/Телеком». — 2012. — № 4.

References:

1. Celandroni N., Ferro E., Gotta A. (2013), “A survey of architectures and scenarios in satellite-based wireless sensor networks: system design aspects”, *Int. J. Satellite Communication Network*, vol. 31, pp. 1–38.
2. Poulakis M.I., Vassaki S., Panagopoulos P.A. (2013) “Satellite-Based Wireless Sensor Networks: Radio Communication Link Design”, *7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, pp.2620–2624.
3. Dou Li, Binghui Ji, Haige Xiang (2006), “The DAMA of DVB-RCS based Broadband Satellite Communication Networks with OBP”, *International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia (ICWMMN2006) Proceedings*, pp. 1 – 4.
4. Chacón S., Casas J. L., Cal A. (2001), “Multimedia applications of the integrated broadcast interaction system (IBIS)”, *Seventh International Workshop on Digital Signal Processing Techniques for Space Communications, Sesimbra, Portugal*, pp. 1–8.
5. Kamnev V.E., Cherkasov V.V., Chechin G.V. (2004), “Satellite communication networks”. – М.:«Al'pina Pabliher», 536 P.
6. “Satellite access platform iDirect”, [Online], available at: <http://p3c.ru/idirect> (Accessed 10 Nov 2014).
7. Barskov A. (2012), “Satellite communication: all levels optimization”, «Zhurnal setevyh reshenij/Telekom», vol 4.

УДК 351.321

В.М. Петрова
старший викладач,
Інститут телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

О.В. Куриленко
спеціаліст,
Інститут телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України «КПІ»

РОЗВИТОК ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Анотація: Розглядається нова концепція Інтернету Речей (ІР), в якій число користувачів вимірюватиметься одиницями і десятками трильйонів. У основі клієнтської бази ІР лежать речі (пристрої, прилади, бази даних і так далі). Розглянуті фундаментальні характеристики концепції ІР і протоколи для мереж ІР.

Ключові слова: Інтернет Речей, всепроникні сенсорні мережі, трильйонні мережі, мережі із самоорганізацією, кластеризація.

В.Н. Петрова
старший преподаватель,
Институт телекоммуникационных систем
Національного технічного університету України «КПІ»

А.В. Куриленко
спеціаліст,
Институт телекоммуникационных систем
Національного технічного університету України «КПІ»

РАЗВИТИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Аннотация: Рассматривается новая концепция Интернета Вещей (ИВ), в которой число пользователей будет измеряться единицами и десятками триллионов. В основе клиентской базы ИВ лежат вещи (устройства, приборы, базы данных и т.д.). Рассмотрены фундаментальные характеристики концепции ИВ и протоколы для сетей ИВ.

Ключевые слова: Интернет Вещей, всепроникающие сенсорные сети, триллионные сети, самоорганизующиеся сети, кластеризация.

Petrova V.
Kurylenko O.
Students of the Institute of Telecommunication Systems

INTERNET OF THINGS

Abstract: We examine new conception is the Internet of Things (IoT), which the number of users will be measured units and in tens trillions. Client base of IoT things are underlaid (devices, devices, databases). Fundamental descriptions of conception of IoT and protocols are considered for the networks of IoT.

Keywords: *Internet of Things, pervasive sensor networks, trillion networks, selfgettings organized networks, clustering.*

Введение. Развитие сетей связи общего пользования (ССОП) в первом десятилетии XXI века осуществлялось на базе концепции сетей связи следующего поколения (NGN – Next Generation Network). Концепция NGN предусматривает эволюционный переход от сетей с коммутацией каналов к сетям с коммутацией пакетов, что сегодня реализовано в виде фрагментов сетей или крупномасштабных сетей с коммутацией пакетов практически всеми ведущими операторами мира. Параллельно с этим процессом начало XXI века ознаменовалось конверсией сенсорных сетей, созданием теории и практической реализацией так называемых всепроникающих сенсорных сетей (USN – Ubiquitous Sensor Networks).

С одной стороны, клиентская база в виде человека с его терминалами исчерпала себя, с другой, появление возможности взаимодействия устройств между собой без участия человека поставили вопрос о необходимости разработки новой концепции развития ССОП. Замечательно оправдавшая себя концепция NGN вместе с тем была рассчитана на обслуживание единиц и нескольких десятков миллиардов пользователей. Взаимодействие же устройств между собой заставляет задуматься о построении триллионной сети, т.е. сети, в которой число пользователей будет измеряться единицами и десятками триллионов. Такая концепция получила название Интернета Вещей (ИВ) [1, 2].

Анализ исследований и публикаций. О концепции Интернета Вещей (ИВ), с взаимодействием устройств между собой [1, 2]. Вещи определяются Сектором стандартизации телекоммуникаций МСЭ (МСЭ-Т) в концепции ИВ как “объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи” [4]. Оценивается число вещей в сети в 7 трлн единиц к 2017–2020 г. [5]. В то же время в [6] предельное значение числа вещей в сетях связи оценивается как 3000–5000 единиц в расчете на одного человека. Сетевой базой для реализации концепции ИВ являются самоорганизующиеся сети [2].

Изложение основного материала

Клиентская база ИВ. Само название концепции подразумевает, что в основе клиентской базы ИВ лежат вещи (устройства, приборы, базы данных и т.д.). Поэтому, прежде чем перейти к исследованию сетевых вопросов реализации концепции ИВ, необходимо строго определить, что такое вещь в современном сетевом понимании. Гегель определял вещь следующим образом [3]: “существующее нечто есть вещь” и далее “Вещи-в-себе не должно быть свойственно какое-либо определенное многообразие и потому она обретает такое многообразие лишь будучи вынесена во внешнюю рефлексию, но остается она к нему безразличной”.

В не противоречащем этому определению в современном сетевом понимании вещи определяются Сектором стандартизации телекоммуникаций МСЭ (МСЭ-Т) в концепции ИВ как “объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи” [4]. Это определение с учетом виртуальных вещей и позволяет говорить о триллионных сетях. Отметим также, что идентификация и интеграция такого громадного числа терминалов в сеть возможна только при использовании сетей IPv6, что требует создания соответствующего национального плана внедрения IPv6.

Международный исследовательский беспроводный Форум оценивает число вещей в сети в 7 трлн единиц к 2017–2020 г. [5]. В то же время в [6] предельное значение числа вещей в сетях связи оценивается как 3000–5000 единиц в расчете на одного человека, что позволяет говорить о 50 трлн вещей в сети. С учетом принятой аппроксимации процессов развития телекоммуникаций логистической кривой и оценки периода устойчивого развития новых технологий на примерах широкополосного доступа и сетей 3G, можно спрогнозировать 10-летний цикл устойчивого развития ИВ на период с 2020 по 2030 гг.

Такое громадное число терминалов требует по-новому подойти и к созданию сетей связи. Триллионные сети могут быть построены на основе самоорганизующихся сетей [2], подразумевающих наличие случайного числа узлов и взаимосвязей между ними в любой

конкретный момент времени существования сети. Последнее полностью соотносится с фундаментальными характеристиками концепции ИВ [4].

Фундаментальные характеристики концепции ИВ. В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т к ним относятся приведенные ниже характеристики.

Связность. Одна из важнейших метрик самоорганизующихся сетей. В [7], например, доказано, что связность в большей степени влияет на длительность жизненного цикла беспроводной сенсорной сети, чем мобильность, энергоэффективность и покрытие. МСЭ-Т определяет характеристику связности как возможность любой вещи быть связанной с глобальной инфокоммуникационной структурой. Связность при этом определяется возможностью идентификации вещей (адресное поле IPv6).

Обеспечение вещей услугами. Сеть связи, каковой бы она ни была, предназначена для обеспечения клиентской базы услугами. В отношении вещей предполагается, что услуги, относящиеся к конкретной вещи как элементу клиентской базы, должны предоставляться без ограничений для физических и виртуальных вещей. Кроме того, предусматривается возможность автономного (в отрыве от иных элементов сети) предоставления услуг. Заметим также, что поскольку на/в теле человека также возможно создание сетей [8], в рамках концепции ИВ оговаривается необходимость высококачественного и высокобезопасного предоставления услуг для тела человека.

Гетерогенность. Эта фундаментальная характеристика ИВ дает возможность устройствам ИВ быть построенными на различных аппаратных, программных платформах и сетях. При этом устройства ИВ должны иметь возможность взаимодействовать с иными устройствами (в том числе и ИВ) через различные сети связи.

Динамические изменения. Статус вещей может изменяться динамически, например, от спящих к активным, от связанных в определенный момент времени с сетью – к несвязанным и т.д. Число вещей, местоположение, скорость и т.п. также могут меняться динамически. Именно эта фундаментальная характеристика ИВ приводит к необходимости пересмотра принципов построения сети от существующих инфраструктурных к самоорганизующимся. Самоорганизация в широком смысле этого слова подразумевает не только случайное число узлов и взаимосвязей между ними в любой конкретный момент времени, но и самоуправление, самоконфигурацию, самотестирование, самозащиту, самооптимизацию и т.п.

Огромная шкала вещей. Как уже отмечалось, в соответствии с современными воззрениями речь идет о десятках триллионов вещей, что и позволяет говорить о триллионных сетях.

Самоорганизующиеся сети. Сетевой базой для реализации концепции ИВ являются самоорганизующиеся сети. В соответствии с [2] самоорганизующейся сетью называется сеть, в которой число узлов является случайной величиной во времени и может изменяться от 0 до некоторого значения N_{max} . Взаимосвязи между узлами в такой сети также случайны во времени и образуются для достижения сетью какой-либо цели или для передачи информации в ССОП или иные сети.

Как все сети связи, самоорганизующаяся сеть состоит из сетей доступа и транзитной сети. Сеть доступа называется Ad Hoc (целевая сеть), а транзитная сеть – mesh (ячеистая). Узлы сети Ad Hoc не имеют функций маршрутизации и могут осуществлять взаимосвязь лишь с ближайшими узлами. В связи с этим достаточно часто узлы сети Ad Hoc называют дочерними. Последнее в силу самоорганизации сети вовсе не означает, что дочерний узел строго привязан к какому-либо родительскому узлу. В процессе жизненного цикла сети дочерний узел может быть привязан к любому наиболее близко расположенному родительскому узлу, а при определенных условиях может и сам превратиться на время или навсегда в родительский узел, например, в однородных сенсорных сетях [9].

Узлы mesh имеют встроенные функции маршрутизации и могут поддерживать установление соединения не только к ближайшему узлу, но и ко многим другим. Такой сетевой режим называется multi-hop (многошаговое соединение) в отличие от соединений для

дочерних узлов Ad Hoc сети, ограниченных одним шагом в установлении соединения (onehop). Mesh-узлы достаточно часто называют родительскими узлами, что подчеркивает их транзитную функцию. Очевидно, что узлы самоорганизующейся сети могут совмещать родительские и дочерние функции.

Примеры самоорганизующихся сетей. Сегодня наиболее известны следующие приложения ИВ (самоорганизующихся сетей):

- всепроникающие сенсорные сети (USN – Ubiquitous Sensor Networks);
- сети для транспортных средств (VANET – Vehicular Ad Hoc Networks);
- муниципальные сети (HANET – Home Ad Hoc Networks);
- медицинские сети (MBAN – Medical Body Area Network).

Остановимся подробнее на всепроникающих сенсорных сетях как технологической основе ИВ. Беспроводные всепроникающие сенсорные сети USN представляют собой самоорганизующиеся сети, состоящие из множества беспроводных сенсорных узлов, распределенных в пространстве и предназначенных для мониторинга и/или управления характеристиками окружающей среды или объектами, расположенными в ней. Пространство, покрываемое сенсорной сетью, достаточно часто называют сенсорным полем.

Собственно беспроводные сенсорные узлы представляют собой миниатюрные устройства с ограниченными ресурсами: зарядом батареи, объемом памяти, вычислительными возможностями и т.д. Однако объединение большого числа этих элементов в сеть обеспечивает возможность получения реальной картины происходящих событий и процессов в рамках этого сенсорного поля.

Беспроводные сенсорные узлы могут собирать информацию о наблюдаемых явлениях и передавать ее далее для обработки и анализа. Примерами собираемой информации могут быть данные о температуре, влажности, условиях освещения, сейсмической активности и т.д. Такие данные могут быть использованы как для выявления каких-либо событий, так и для управления ими.

Выбор конкретных решений для сенсорных узлов при распределении беспроводной сенсорной сети в первую очередь зависит от функциональных возможностей, размера, затрат, энергетических характеристик и в настоящее время при достаточно широком внедрении сенсорных сетей – от обеспечения требуемого качества обслуживания (QoS).

Объединение большого числа элементов в сеть, требования по минимизации энергопотребления помимо собственно самоорганизации приводят к необходимости дополнительных структурных решений при создании сенсорных сетей. Важнейшим из них является кластеризация сети, предполагающая к тому же постоянную ротацию головного узла кластера в течение жизненного цикла сети. Существует множество разнообразных алгоритмов выбора головного узла кластера [7,9,10,11], но поскольку этот выбор может зависеть и от приложения USN, задачи создания новых алгоритмов становятся одними из самых актуальных.

Предстоящее широкомасштабное внедрение USN, как одной из основных реализаций концепции ИВ, ставит и новые задачи, которые в то же время являются традиционными для любых сетей связи. Речь идет о потоках трафика в ИВ и требованиях к QoS. Исследования потоков трафика в ИВ показывают, что эти потоки, как правило, самоподобны, а степень самоподобия в значительной степени зависит от приложения [12,13]. Что касается требований по QoS, то наряду с традиционными параметрами, такими как потери и задержки, в USN вводятся требования по длительности жизненного цикла и доле покрытия пространства.

Действительно, сенсорные сети в основном предназначены для решения задач мониторинга процессов, явлений, пространства и зачастую могут функционировать в условиях, не предполагающих замены источников питания. Исходя из сказанного, отнесение к параметрам QoS для сенсорных сетей длительности жизненного цикла и доли покрытия пространства представляется необходимым.

Самоорганизация сетей ИВ, их кластеризация, необходимость минимизации энергопотребления потребовали и разработки новых протоколов сигнализации для таких сетей.

Выводы. Концепция Интернета Вещей знаменует наступление нового этапа в развитии телекоммуникаций, требующего изменения принципов построения сети, создания новых протоколов, исследования новых моделей трафика, поиска новых алгоритмов маршрутизации, введения дополнительных метрик QoS и т.п. Российская научная школа в области телекоммуникаций может внести существенный вклад в развитие данного направления, в первую очередь, в области разработки новых алгоритмов функционирования таких сетей и в исследовании потоков трафика для них.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

1. Бутенко В.В., Назаренко А.П., Сарьян В.К. IoT – новая точка развития ИКТ и средство кардинального повышения адаптивных возможностей человека при взаимодействии с ухудшающейся антропогенной средой / Тр. 54-й научной конференции МФТИ. Радиотехника и кибернетика. – М.: МФТИ. – 10-30 ноября 2011 г.
2. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. Самоорганизующиеся сети. – СПб.: Любавич, 2011.
3. Гегель Г.В.Ф. Наука логики. – СПб.: Наука, 1997.
4. Recommendation Y.2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. – June 2012.
5. Sorensen L., Skouby K.E. Use scenarios 2020 – a worldwide wireless future. Visions and research directions for the Wireless World / Outlook. Wireless World Research Forum. – July 2009, №4.
6. Waldner J.-B. Nanocomputers and Swarm Intelligence / ISTE, John Wiley & Sons, 2008.
7. Koucheryavy A., Salim A. Prediction-based Clustering Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, 2010. – ICACT 2010. Phoenix Park, Korea.
8. Kwak K.S., Ullah S., Ullah N. An Overview of IEEE 802.15.6 Standard / Proceedings 3rd International Symposium, Applied Science in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL), Rome, Italy. – 7-10 November 2010.
9. Кучерявый А.Е., Салим А. Выбор головного узла кластера в однородной беспроводной сенсорной сети // Электросвязь. – 2009. – № 8.
10. Heinzelman W., Chandrakasan A., Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks / Proceedings 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Wailea Maui, Hawaii, USA. – Jan. 2000.
11. Younis O., Fahmy S. Distributed clustering in ad-hoc sensor networks: A hybrid, energy-efficient approach // Proceedings, IEEE INFOCOM, Hong Kong, China. – 2004.
12. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 11th International Conference, NEW2AN 2011 and 4th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2011. – St.Petersburg, Russia. – August 2011; LNCS 6869. Springer, 2011.
13. Vybornova A., Koucheryavy A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 12th International Conference, NEW2AN 2012 and 5th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2012. St.Petersburg, Russia. – August 2012; LNCS 7469. Springer, 2011.

References:

1. Butenko V.V., Nazarenko A.P., Saryan v.k. IOT is a new point of development of IKT and mean of cardinal increase of adaptive possibilities of man at co-operating with a getting worse anthropogenic environment / Tr. to the 54th scientific conference of MFTI. Radio engineering and cybernetics. – М.: MFTI. – on November, 10-30, 2011
2. Kucheryavy A., Prokopev A.V., Kucheryavy E. the Selfgettings organized networks. – SPb.: Lyubavich, 2011.
3. Gegel G.V.F. Science of logic. – SPb.: Science, 1997.
4. Recommendation Y.2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. – June 2012.

5. Sorensen L., Skouby K.E. Use scenarios 2020 – a worldwide wireless future. Visions and research directions for the Wireless World / Outlook. Wireless World Research Forum. – July 2009, №4.
6. Waldner J.-B. Nanocomputers and Swarm Intelligence / ISTE, John Wiley & Sons, 2008.
7. Koucheryavy A., Salim A. Prediction-based Clustering Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks / Proceedings, International Conference on Advanced Communication Technology, 2010. – ICACT 2010. Phoenix Park, Korea.
8. Kwak K.S., Ullah S., Ullah N. An Overview of IEEE 802.15.6 Standard / Proceedings 3rd International Symposium, Applied Science in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL), Rome, Italy. – 7-10 November 2010.
9. Kucheryavy A, Salim A. Choice of head knot of cluster in a homogeneous off-wire sensory network // Elektrosvyaz. – 2009. – №8.
10. Heinzelman W., Chandrakasan A., Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks / Proceedings 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Wailea Maui, Hawaii, USA. – Jan. 2000.
11. Younis O., Fahmy S. Distributed clustering in ad-hoc sensor networks: A hybrid, energy-efficient approach // Proceedings, IEEE INFOCOM, Hong Kong, China. – 2004.
12. Koucheryavy A., Prokopiev A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Telemetry Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 11th International Conference, NEW2AN 2011 and 4th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2011. – St.Petersburg, Russia. – August 2011; LNCS 6869. Springer, 2011.
13. Vybornova A., Koucheryavy A. Ubiquitous Sensor Networks Traffic Models for Medical and Tracking Applications. Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking / Proceedings 12th International Conference, NEW2AN 2012 and 5th Conference on Smart Spaces, ruSMART 2012. St.Petersburg, Russia. – August 2012; LNCS 7469. Springer, 2011.

А.И. Лысенко

д.т.н, профессор, профессор кафедры,
Института телекоммуникационных систем
Национального политехнического университета Украины
“Киевский политехнический институт”

И.В. Чеканова

к.т.н., с.н.с,
Национальный Авиационный Университет

Е.Н. Тачинина

к.т.н., доцент,
Национальный Авиационный Университет

ТРАЕКТОРИЯ ВЫВЕДЕНИЯ ГРУППЫ МОНИТОРИНГОВЫХ НАНОСПУТНИКОВ

***Аннотация.** В научной статье предлагается решение модельной задачи учитывающей все явления и эффекты, связанные с движением ракеты с разделяющейся головной частью, которая выводит группу навигационных спутников. В результате проведенных исследований получена оптимальная траектория, которая может использоваться для выведения на орбиту группы навигационных спутников.*

Ключевые слова: навигационные спутники, выведение на орбиту, ветвящиеся траектории.

О.І. Лисенко

д.т.н., професор, професор кафедри,
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут”

І.В. Чеканова

к.т.н., с.н.с.,
Національний Авіаційний Університет

О.М. Тачиніна

к.т.н., доцент,
Національний Авіаційний Університет

ТРАЄКТОРІЯ ВИВЕДЕННЯ ГРУПИ МОНИТОРИНГОВИХ НАНОСПУТНИКІВ

***Анотація.** У науковій статті пропонується рішення модельної задачі такою, що враховує всі явища і ефекти, пов'язані з рухом ракети з головною частиною, що розділяється, яка виводить групу навігаційних супутників. В результаті проведених досліджень отримана оптимальна траєкторія, яка може використовуватися для виведення на орбіту групи навігаційних супутників.*

Ключові слова: навігаційні супутники, виведення на орбіту, траєкторії, що гілкуються.

Lysenko A.
doctor of tech. sciences, professor, professor of department
Institute of the telecommunication systems
National polytechnic university of Ukraine
“Kievan polytechnic institute”

Chekanova I.
cand.tech. sciences,
National Aviation University

Tachinina H.
PhD, associated professor,
National Aviation University

Annotation. In the scientific article solution of toy problem is offered taking into account all of the phenomena and effects, related to motion of rocket with the divided head part which destroys the group of navigation sputniks. As a result of the conducted researches an optimum trajectory which can be utilized for orbiting of group of navigation sputniks is got.

Keywords: navigation sputniks, orbiting, branching out trajectories.

Вступление. Оптимизация активного участка траектории движения ракеты, которая выводит группу мониторинговых наноспутников, с учетом точной модели движения ракеты с разделяющейся головной частью, модели атмосферы Земли и ее гравитационного поля может быть выполнена только при удачном первом приближении к оптимальному решению [1, 2]. Решение модельной задачи, изложенное в данной статье, может быть принято за первое приближение (субоптимальное решение) для более детальной задачи, точнее учитывающей все явления и эффекты, связанные с движением ракеты с разделяющейся головной частью, которая выводит группу мониторинговых наноспутников.

Анализ исследований и публикаций. Проведенный анализ определения оптимальной траектории выведения группы спутников на орбиту, показывает, что оптимальное управление системами рассматривалось в работах Ащепкова Л.Т. [1], Сейджа Э.П., Уайта Ч.С. [2], стохастические дифференциальные системы рассматривали Пугачев В.С., Сеницын И.Н. [3]. Вопрос оптимального управления детерминированными составными динамическими системами, определения оптимальной траектории выведения группы навигационных спутников на орбиту на данном этапе не рассматривался.

Постановка задачи. Схема ветвящейся траектории движения ракеты, которая выводит группу навигационных спутников, с разделяющейся головной частью представлена на рис. 1. Ракета, головная часть которой состоит из двух ракет, начинает управляемое движение в пункте 0 и перемещается далее вдоль ветви 0-1 к пункту 1. Затем происходит разделение головной части на составляющие ее ракеты, которые, используя собственное управление, движутся от пункта 1 к пунктам 11 и 12. Полагаем, что движение происходит в вакууме в плоскопараллельном гравитационном поле.

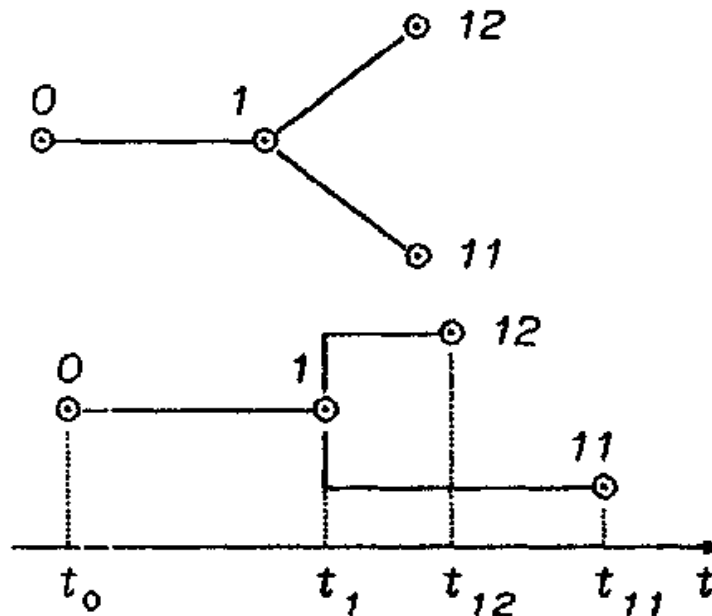


Рисунок 1 – Схема ветвящейся траектории

Уравнения, описывающие движение ракет на соответствующих участках траектории, имеют вид:

$${}^q \ddot{x}_1 = g P_q \cos_q v, \quad (1)$$

$${}^q \ddot{x}_2 = {}^q \ddot{x}_3, \quad (2)$$

$${}^q \ddot{x}_3 = g P_q \sin_q v - g \quad (q = 1, 11, 12), \quad (3)$$

где ${}^q \ddot{x}_1$, ${}^q \ddot{x}_2$ - составляющие вектора скорости, направленные соответственно поперек и вдоль силовых линий гравитационного поля; ${}^q x_2$ - текущая координата, отсчитываемая вдоль силовых линий гравитационного поля (высота полета); P_q - перегрузка, создаваемая силовой установкой ракеты, которая выводит группу навигационных спутников, на участке 0-1 траектории ($q=1$) и силовыми установками отделяющихся ракет на участках 1-11 ($q=11$) и 1-12 ($q=12$); $q v$ - угол тангажа; g - гравитационное ускорение. телекоммуникацій.

Основное содержание статьи. Рассмотрим задачу с фиксированными моментами времени: t_0 - начала движения ракеты, которая выводит группу навигационных спутников, t_1 - разделения головной части, t_{11} и t_{12} - достижения отделившимися ракетами конечных пунктов. Начальное положение ракеты, которая выводит группу навигационных спутников, ${}_1 x_1(t_0)$, ${}_1 x_2(t_0)$, ${}_1 x_3(t_0)$, считается заданным. Перегрузка $P_q (q=1, 11, 12)$ на каждом участке траектории имеет свою постоянную величину. Необходимо найти такой закон изменения $v_q (q=1, 11, 12)$ значения координат пункта 1, для которых критерий $I = -[{}_1 x_2(t_{11}) + {}_{12} x_2(t_{12})]$ достигает минимума при условии, что ${}_{11} x_1(t_{11})$, ${}_{11} x_2(t_{11})$, ${}_{12} x_1(t_{12})$, ${}_{12} x_2(t_{12})$ заданы.

На основании следствия 1 принципа минимума для составных динамических систем с произвольной схемой ветвления траектории [3, 4] для случая $k = 1, r_1 = 2$ позволяет выписать необходимые условия оптимальности управления ${}_1 v(t) t \in [t_0, t_1], {}_{11} v(t) t \in [t_1, t_{11}], {}_{12} v(t) t \in [t_1, t_{12}]$ задачи (1-4): для построения оптимальной ветвящейся траектории движения ракеты, которая выводит группу навигационных спутников, необходимо найти такие сопряженные переменные

$${}_q \lambda_3 = -\frac{\partial H_q}{\partial {}_q x_3}, {}_q \lambda_2 = -\frac{\partial H_q}{\partial {}_q x_2}, {}_q \lambda_1 = -\frac{\partial H_q}{\partial {}_q x_1}, \quad (5)$$

$$(q = 1, 11, 12),$$

где

$$H_q = g_q \lambda_1(t) P_q \cos v_q + {}_q \lambda_2(t) {}_q x_3 + g_q \lambda_3 P_q \sin v_q - {}_q \lambda_3(t) g, \quad (6)$$

удовлетворяющие условиям

$$\frac{\partial I}{\partial {}_{11} x_2(t_{11})} {}_{11} \lambda_2(t_{11}) = \frac{\partial I}{\partial {}_{12} x_2(t_{12})} {}_{12} \lambda_2(t_{12}) = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial I}{\partial {}_1 x_1(t_1)} {}_1 \lambda_1(t_1) + {}_{11} \lambda_1(t_1) + {}_{12} \lambda_1(t_1) = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial I}{\partial {}_1 x_2(t_1)} {}_1 \lambda_2(t_1) + {}_{11} \lambda_2(t_1) + {}_{12} \lambda_2(t_1) = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial I}{\partial {}_1 x_3(t_1)} {}_1 \lambda_3(t_1) + {}_{11} \lambda_3(t_1) + {}_{12} \lambda_3(t_1) = 0 \quad (10)$$

при произвольных значениях ${}_{11} \lambda_1(t_{11}), {}_{12} \lambda_1(t_{12}), {}_{11} \lambda_3(t_{11}), {}_{12} \lambda_3(t_{12})$, чтобы минимизировать гамильтониан (6) по управлению ${}_q v (q = 1, 11, 12)$. Применяя соотношения (5)-(10) к задаче (1)-(4), получаем решение в явном аналитическом виде:

$${}_q \hat{x}_1(t) = \frac{g P_q}{\sqrt{C_q}} \ln \frac{2\sqrt{C_q R_q(t)} + 2C_q t + b_q}{{}_q \hat{x}_1(t^*)} + {}_q \hat{x}_1(t^*), \quad (11)$$

$${}_q \hat{x}_2(t) = \frac{g P_q}{A_q} \left\{ \frac{1}{4C_q} \left[(2C_q t + b_q) \sqrt{R_q(t)} - (2C_q t^* + b_q) \sqrt{R_q(t^*)} \right] + \frac{4A_q^2}{8C_q \sqrt{C_q}} \ln \frac{2\sqrt{C_q R_q(t)} + 2C_q t + b_q}{2\sqrt{C_q R_q(t^*)} + 2C_q t^* + b_q} - R_q(t^*) (t - t^*) \right\} - g \frac{(t - t^*)^2}{{}_q \hat{x}_3(t^*) (t - t^*) + {}_q \hat{x}_2(t^*)}, \quad (12)$$

$${}_q \hat{x}_3(t) = \frac{g P_q}{A_q} \left[\sqrt{R_q(t)} - \sqrt{R_q(t^*)} \right] - g(t - t^*) + {}_q \hat{x}_3(t^*), \quad (13)$$

$$tg_q \hat{v} = A_q(t - t^*) + B_q \quad (q = 1, 11, 12), \quad (14)$$

где $R_q(t) = a_q + b_q t + C_q t^2$, $a_q = 1 + B_q^2$, $b_q = 2A_q B_q$, $C_q = A_q^2$ ($q = 1, 11, 12$);

при $q = 1, t \in [t_0, t_f]$, $t^* = t_0$, $A_1 = 2({}_{11}\lambda_1 + {}_{12}\lambda_1)^{-1}$,

$$B_1 = [{}_{11}\lambda_3(t_1) + {}_{12}\lambda_3(t_1) - 2t_1] ({}_{11}\lambda_1 + {}_{12}\lambda_1)^{-1};$$

при $q = 11, t \in [t_1, t_{11}]$, $t^* = t_1$;

при $q = 12, t \in [t_1, t_{12}]$, $t^* = t_1$, $A_q = {}_q\lambda_1^{-1}$, $B_q = [{}_q\lambda_3(t_1) - t_1] {}_q\lambda_1^{-1}$ ($q = 11, 12$).

Параметры ${}_{11}\lambda_1$, ${}_{12}\lambda_1$, ${}_{11}\lambda_3(t_1)$, ${}_{12}\lambda_3(t_1)$ следует подбирать так, чтобы удовлетворить заданным конечным условиям.

На рис.2 приведены результаты расчета оптимальной ветвящейся траектории для следующих исходных данных:

$$t_0 = 0 \text{ с}, \quad t_1 = 70 \text{ с}, \quad t_{11} = 100 \text{ с}, \quad t_{12} = 120 \text{ с},$$

$${}_{11}x_1(t_0) = {}_{11}x_3(t_0) = 0 \text{ м/с}, \quad {}_{11}x_2(t_0) = 0 \text{ м},$$

$$P_1 g = 2g, \quad P_{11} g = 3,5g, \quad P_{12} g = 4g, \quad g = 9,806 \text{ м/с}^2,$$

$${}_{11}x_1(t_{11}) = 2000 \text{ м/с}, \quad {}_{11}x_3(t_{11}) = 0 \text{ м/с}, \quad (15)$$

$${}_{12}x_1(t_{12}) = 3000 \text{ м/с}, \quad {}_{12}x_3(t_{12}) = 0 \text{ м/с}, \quad (16)$$

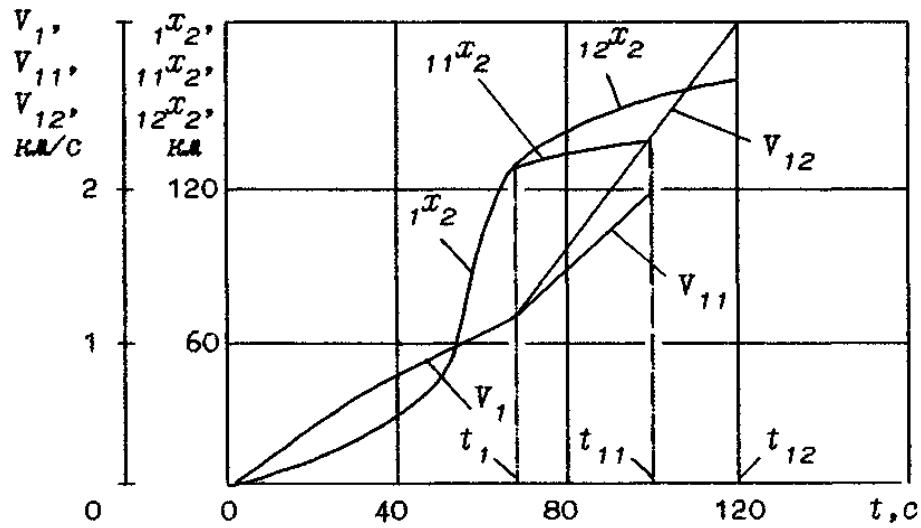
Значения параметров ${}_{11}\lambda_1$, ${}_{12}\lambda_1$, ${}_{11}\lambda_3(t_1)$, ${}_{12}\lambda_3(t_1)$ были найдены в результате решения градиентным методом системы, состоящей из четырех нелинейных уравнений (11), (13) при $q = 11, 12$ с учетом конечных условий (15) и (16). В качестве первого приближения использованы величины ${}_{11}\lambda_1 = {}_{12}\lambda_1 = -50 \text{ с}$, ${}_{11}\lambda_3(t_1) = {}_{12}\lambda_3(t_1) = -30 \text{ с}$.

Расчеты были остановлены при ${}_{11}\lambda_1 = -100,06 \text{ с}$, ${}_{12}\lambda_1 = -49,00 \text{ с}$, ${}_{11}\lambda_3(t_1) = -26,60 \text{ с}$, ${}_{12}\lambda_3(t_1) = -33,26$, когда погрешности удовлетворения конечным условиям достигли значений

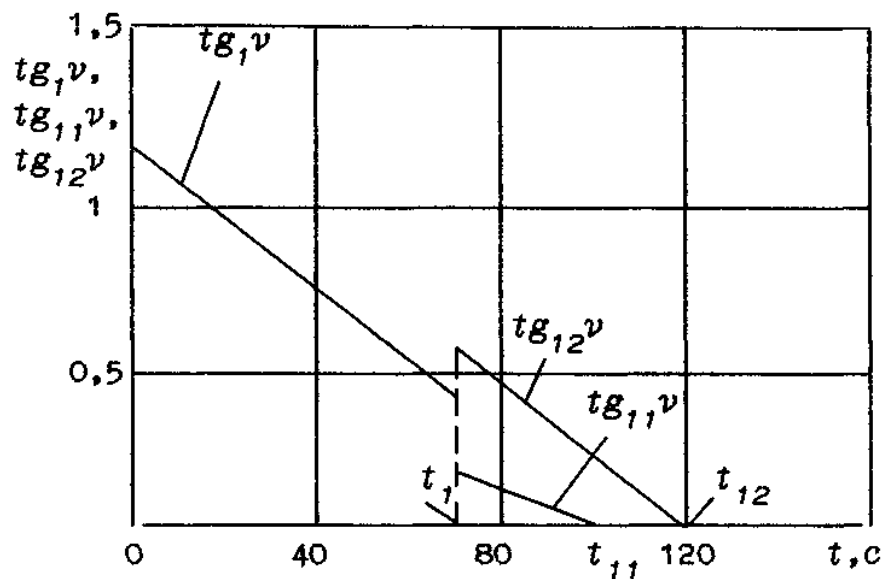
$$\Delta_{11}x_1(t_{11}) = 1,049 \text{ м/с}, \quad \Delta_{11}x_3(t_{11}) = -0,268 \text{ м/с},$$

$$\Delta_{12}x_1(t_{12}) = -1,34 \text{ м/с}, \quad \Delta_{12}x_3(t_{12}) = -0,510 \text{ м/с}.$$

Оптимальное значение критерия (4) составило $I = -294629 \text{ м}$.



а)



б)

Рисунок 2 – Графики параметров оптимальной ветвящейся траектории:

а) - оптимальные управления,

$$tg_1 v(t_0) = 1,34; \quad tg_1 v(t_1) = 0,401; \quad tg_{11} v(t_1) = 0,265; \quad tg_{12} v(t_1) = 0,678$$

$$v_1(t_0) = 53^{\circ}16', \quad v_1(t_{10}) = 21^{\circ}51', \quad v_{11}(t_1) = 14^{\circ}51', \quad v_{12}(t_1) = 34^{\circ}9';$$

б) - высоты и скорости $V_g = \sqrt{q x_1^2 + q x_3^2} \quad (q = 1, 11, 12),$

$${}_1 x_2(t_1) = 124889 \text{ км}, \quad {}_{11} x_2(t_{11}) = 131834 \text{ км}, \quad {}_{12} x_2(t_{12}) = 162795 \text{ км}$$

Выводы. Таким образом, получена оптимальная траектория, которая может использоваться для выведения на орбиту группы навигационных спутников.

Реализация полученных управляющих воздействий на различных этапах полета и в момент разделения позволит эффективно использовать ресурсы составной динамической системы для оптимальной траектории выведения группы навигационных спутников.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

1. Ащепков Л.Т. Оптимальное управление разрывными системами. Л.Т.Ащепков - Новосибирск: Наука, 1986. – 226 с.
2. Сейдж Э.П. Оптимальное управление системами. / Э.П. Сейдж., Ч.С. Уайт. – М.: Радио и связь, 1982. – 392 с.
3. Пугачев В.С. Стохастические дифференциальные системы./В.С. Пугачев, И.Н.Синицын. – М.:Наука, Главная редакция физико-математической литературы,1965.–560с.
4. Лысенко А.И. Условие скачка в задаче оптимального управления составным объектом // Республиканский межведомственный научно-технический сборник “Адаптивные системы автоматического управления“. – К.: Техника, 1988, №6. – С.136-141.
5. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика летательных аппаратов. / Ю.Г. Сихарулидзе – М.: Наука, 1982. – 352 с.
6. Лысенко А.И. Моделирование оптимального движения составной динамической системы // Сборник “Электронное моделирование“, Т.11, №4. – К.: Наукова Думка, 1989.
7. Лысенко А.И. Оптимальное управление детерминированными составными динамическими системами. / А.И. Лысенко. – К.: НИЦ ГШ ВСУ, 1995. – 52 с.

References:

1. Aschepkov I.T. the Optimum management the break systems. L.T.Aschepkov is Novosibirsk: Science, 1986. – 226 p.
2. Seydzh E.P. the Optimum management the systems. / E.P. Seydzh., Ch.S. Uayt. – M.: of Radio and connection, 1982. - 392 p.
3. Pugachev V.S. the Stochastic differential systems./ V.S. Pugachev, I.N. Sinicyn. it is Mcode.:Íáóêà, Main release of fiziko-matematicheskoy literatury,1965.-560ñ.
4. Lysenko A.I. Condition of jump in the task of optimum management the component object of // Republican interdepartmental scientific and technical collection the “Adaptive systems of automatic control“.– K.: of Technician, 1988, '6. - S.136-141.
5. Sikharulidze Yu.G. Ballistics of aircrafts. / Yu.G. Sikharulidze – M.: Science, 1982. – 352 p.
6. Lysenko A.I. Design of optimum motion of the component dynamic system // Collection the “Electronic design“, T.11, '4. – K.: Naukova Thinking, 1989.
7. Lysenko A.I. the Optimum management the determined component dynamic systems. / A.I. Lysenko. – K.: WITH one's the face touching the ground GSH VSU, 1995. — 52 p.

УДК 621.396.4

Е.Н. Тачинина
к.т.н., доцент,
Национальный Авиационный Университет

УСЛОВИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ГРУППЫ ДРОНОВ С МУЛЬТИСЕНСОРАМИ НА БОРТУ С ВОЗМОЖНЫМ ПЕРЕНАЦЕЛИВАНИЕМ

Аннотация. В работе предложены условия построения оптимальной траектории группы беспилотных аппаратов с возможным изменением цели движения в любой момент времени в заданном интервале.

Ключевые слова: составная динамическая система, оптимизация, траектория, управление.

О.М. Тачиніна
к.т.н., доцент,
Національний Авіаційний Університет

УМОВИ ОПТИМАЛЬНОСТІ РУХУ ГРУПИ ДРОНІВ З МУЛЬТИСЕНСОРАМИ НА БОРТУ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ ПЕРЕНАЦІЛЮВАННЯ

Анотація. В роботі запропоновано вимоги побудови оптимальної траєкторії групи безпілотних літальних апаратів з можливою зміною цілі руху в будь-який момент часу в заданому інтервалі.

Ключові слова: складена динамічна система, оптимізація, траєкторія, управління

Tachinina H.
PhD, associated professor,
National Aviation University

THE PATH OPTIMALITY CONDITIONS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES GROUP WITH THE PROBABLE TARGET MOTION CHANGE AT ANY INSTANT IN THE ASSIGNED PERIOD

Annotation. The path optimality modeling conditions of unmanned aerial vehicles group with the probable target motion change at any instant in the assigned period are proposed.

Keywords: dynamic system, optimization, trajectory.

Введение. В настоящее время широкое распространение получили беспилотные летательные аппараты (БПЛА), этому способствуют новейшие достижения в области электроники, вычислительной техники, средств связи и систем управления.

Перспективными областями применения БПЛА являются: обследование территорий для поиска очагов пожаров, загрязнений, картографирование местности, поиск людей на суше и на воде, применение в военных областях.

Актуальность применения группы БПЛА. Как показывает анализ публикаций, на практике, как правило, применяются одиночные БПЛА, это в свою очередь приводит к

невысокой эффективности выполнения задания, особенно если оно выполняется на большой территории. Ограничения эти связаны с тем, что сенсорные системы БПЛА имеют ограниченные зоны действия. Одним из перспективных направлений развития беспилотной авиации является групповое применение беспилотных летательных аппаратов. Преимущество применения группы БПЛА становится очевидным в задачах, в которых возможно распараллеливание сложной задачи на несколько аппаратов – например, в задаче проведении мониторинга больших территорий за короткое время, что является проблемой при использовании одиночных БПЛА.

Чтобы достичь поставленной цели, группа БПЛА должна действовать как нечто единое целое, и действия каждого отдельного БПЛА должны быть направлены на получение наибольшего группового эффекта. С этой целью предлагается группу БПЛА, выполняемую единую цель рассматривать как составную динамическую систему (СДС).

Под составной динамической системой понимается совокупность объектов (подсистем) объединенных в систему физическим смыслом задачи.

Траектории таких составных динамических систем называются ветвящимися, так как состоят из участков совместного движения составных частей и участков их индивидуального движения к цели, то есть движения по отдельным ветвям траектории. Эффективность использования этого класса систем зависит от оптимальных управлений и траекторий движения подсистем (блоков) по участкам ветвящейся траектории, а также в отыскании оптимальных моментов времени и фазовых координат, в которых происходят структурные преобразования СДС.

В настоящее время рассматриваются задачи, в которых траектории динамических систем должны удовлетворять не только основным требованиям, но и ряду альтернативных. Альтернативность свойств траектории состоит в том, что в каждый момент времени движения динамической системы по этой траектории существуют условия для другого варианта движения, цель которого исключает основную цель движения системы.

В данной статье излагаются необходимые условия оптимальности траектории составной динамической системы в условиях, когда изменение динамики системы и изменение конечной цели движения происходит не в фиксированный или оптимально подобранный момент времени, а в любой текущий момент времени, принадлежащий некоторому заданному интервалу [2,4].

Постановка задачи. Рассмотрим постановку задачи. В некоторый момент времени СДС находится в воздухе в состоянии полета. Движение составной динамической системы описывается дифференциальной системой вида

$$\dot{x} = f(x, u, t), t \in [t_0, t_f], x \in E^n, u \in \Omega \subset E^m, \quad (1)$$

где x, u – векторы фазового состояния и управляющих воздействий, влияющих на движение СДС, t_0, t_f – моменты времени начала и конца движения системы в заданном интервале.

Динамическую систему необходимо перевести из некоторого произвольного состояния

$$Q_0 = \left\{ (x(t_0), t_0) : \varphi_j^{(0)}(x(t_0), t_0) \begin{cases} \leq 0, j = \overline{1, r_0^{(0)}}; \\ = 0, j = \overline{r_0^{(0)} + 1, r^{(0)}}. \end{cases} \right\} \quad (2)$$

где $r_0^{(0)} + r_0^{(0)} < n + 1$,

$$Q_f = \left\{ (x(t_f), t_f) : \varphi_j^{(f)}(x(t_f), t_f) \begin{cases} \leq 0, j = \overline{1, r_f^{(f)}}; \\ = 0, j = \overline{r_f^{(f)} + 1, r^{(f)}}. \end{cases} \right\}, \quad (3)$$

в заданное

где $r_f^{(f)} - r_f^{(f)} < n + 1$, таким образом, чтобы минимизировать критерий

$$I = S(x(t_0), t_0; x(t_f), t_f) + \int_{t_0}^{t_f} \Phi(x, u, t) dt \rightarrow \min_{u(t) \in \Omega} \quad (4)$$

При этом в интервале времени $[t', t''] \subset [t_0, t_f]$ возможно изменение динамики движения исходной системы и ее конфигурации. С учетом этого, дифференциальная система (1) заменяется дифференциальной системой

$$\begin{aligned} \dot{x}^0 &= f^0(x^0, u^0, \eta), \eta \in [\tau, t_k^\tau], \tau \in [t', t''], \\ x^0 &\in E^n, u^0 \in \Omega^0 \subset E^{m_0}, \end{aligned} \quad (5)$$

которая должна быть переведена из состояния $x^0(\tau) = x(\tau)$ на многообразии

$$Q_k = \left\{ (x(t_k^\tau), t_k^\tau) : \varphi_j^{(k)}(x^0(t_k^\tau), t_k^\tau) \begin{cases} \leq 0, j = \overline{1, r_k^{(k)}}; \\ = 0, j = \overline{r_k^{(k)} + 1, r^{(k)}}. \end{cases} \right\}, \quad (6)$$

где $r^{(k)} - r_k^{(k)} < n + 1, t_k^\tau$ - время достижения системой (5) конечного многообразия (6) при условии, что изменение динамики движения системы и ее конфигурации произошло в момент времени τ , с учетом выполнения неравенства

$$I^0 = S^0(x^0(\tau), \tau; x^0(t_k^\tau), t_k^\tau) + \int_{\tau}^{t_k^\tau} \Phi^0(x^0, u^0, \eta) d\eta \leq 0. \quad (7)$$

Здесь скалярные функции

$$S(x(t_0), t_0; x(t_f), t_f), S^0(x^0(\tau), \tau; x^0(t_k^\tau), t_k^\tau), \varphi_j^{(0)}(x(t_0), t_0) (j = \overline{1, r_0^{(0)}}),$$

$$S(x(t_0), t_0; x(t_f), t_f), S^0(x^0(\tau), \tau; x^0(t_k^\tau), t_k^\tau), \varphi_j^{(0)}(x(t_0), t_0) (j = \overline{1, r_0^{(0)}}),$$

$\varphi_j^{(f)}(x(t_f), t_f) (j = \overline{1, r^{(f)}}), \varphi_j^{(k)}(x^0(t_k^\tau), t_k^\tau) (j = \overline{1, r^{(k)}})$ имеют непрерывные первые

производные по всем аргументам: $f(x, u, t), f^0(x^0, u^0, \eta)$ - непрерывные вместе с матрицами

$\partial f / \partial x$ и $\partial f^0 / \partial x^0$ отображения $E^n \times \Omega \times E^1 - E^n$ и

$E^n \times \Omega^0 \times E^1 - E^n; \Phi(x, u, t), \Phi^0(x^0, u^0, \eta)$ - непрерывные вместе с матрицами $\partial \Phi / \partial x$ и

$\partial \Phi^0 / \partial x^0$ отображения $E^n \times \Omega \times E^1 - E^n$ и $E^n \times \Omega^0 \times E^1 - E^n$.

Положив, что изменение динамики движения системы и ее конфигурации возможно

только в фиксированные моменты времени $t_i \in [t', t''], t_{i-1} < t_i, i = \overline{2, N}; t_1 = t', t_N = t''$. и

воспользовавшись предельным переходом $N \rightarrow \infty, \max |t_{i-1} - t_i| \rightarrow 0$ найдем решение

исходной задачи.

Новая задача формулируется следующим образом

$$I = S(x(t_0), t_0; x(t_f), t_f) + \int_{t_0}^{t_f} \Phi(x, u, t) dt \rightarrow \min_{\substack{u(t) \in \Omega, \\ t \in [t_0, t_f]}} \quad (8)$$

$$\dot{x} = f(x, u, t), t \in [t_0, t_f], \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \dot{x}^0 &= f^0(x^0, u^0, \eta), \eta \in [t, t_k^i], x^0(t_i) = x(t_i) (i = \overline{1, N}), \\ (x(t_0), t_0) &\in Q_0, (x(t_f), t_f) \in Q_f, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\varphi_j^{(k)}(x^0(t_k^i), t_k^i) \begin{cases} \leq 0, j = \overline{1, r_k^{(k)}}; \\ = 0, j = \overline{r_k^{(k)} + 1, r^{(k)}}. \end{cases} \quad (11)$$

$$S^0(x^0(t_i), t_i; x^0(t_k^i), t_k^i) + \int_{t_i}^{t_k^i} \Phi^0(x^0, u^0, \eta) d\eta \leq 0, (i = \overline{1, N}), \quad (12)$$

$$x \in E^n, x^0 \in E^n, u \in \Omega \subset E^m, u^0 \in \Omega^0 \subset E^{m_0}. \quad (13)$$

В силу конечного значения N , задача (8)-(13) предъявляет менее жесткие требования к допустимому процессу $x(t), u(t), x^0(\eta), u^0(\eta), t_0, t_f, t_k^i$, чем задача (1)-(7) к процессу $x(t), u(t), x^0(\eta), u^0(\eta), t_0, t_f, t_k^r$.

Поэтому каждый допустимый процесс задачи (1)-(4) будет допустимым и в задаче (8)-(13) [3, 5].

Зафиксируем N и с использованием постоянных скалярных $\xi^N, \xi_{0j}^N (j = \overline{1, r^{(0)}}), \xi_{ff}^N (j = \overline{1, r^{(f)}}), v_i^N, \mu_{ij}^N (j = \overline{1, r^{(k)}})$ и функциональных векторных $\lambda^N(t), \lambda_i^{0N}(\eta)$ множителей Лагранжа записываем расширенный критерий оптимизации новой задачи [1, 5]

$$\begin{aligned} I &= \xi^N \left\{ S(x(t_0), t_0; x(t_f), t_f) + \int_{t_0}^{t_f} \Phi(x, u, t) dt + \int_{t_0}^{t_f} \lambda^{NT}(t) [f(x, u, t) - \dot{x}] dt \right\} + \\ &+ \sum_{j=1}^{r^{(0)}} \xi_{0j}^N \varphi_j^{(0)}(x(t_0), t_0) + \sum_{j=1}^{r^{(f)}} \xi_{ff}^N \varphi_j^{(f)}(x(t_f), t_f) + \\ &\sum_{i=1}^N \left\{ v_i^N \left[S^0(x^0(t_i), t_i; x^0(t_k^i), t_k^i) + \int_{t_i}^{t_k^i} \Phi^0(x^0, u^0, \eta) d\eta + \right. \right. \\ &\left. \left. + \int_{t_i}^{t_k^i} \lambda^{0NT}(\eta) [f^0(x^0, u^0, \eta) - \dot{x}^0] d\eta \right] + \sum_{j=1}^{r^{(k)}} \mu_{ij}^N \varphi_j^{(k)}(x^0(t_k^i), t_k^i) \right\}, \end{aligned}$$

$$\text{где } \xi^N + \sum_{j=1}^{r^{(0)}} \xi_{0j}^N + \sum_{j=1}^{r^{(f)}} \xi_{ff}^N + \sum_{i=1}^N \left[v_i^N + \sum_{j=1}^{r^{(k)}} \mu_{ij}^N \right] = 1, \xi^N \geq 0, \xi_{0j}^N \geq 0, \xi_{ff}^N \geq 0, v_i^N \geq 0, \mu_{ij}^N \geq 0,$$

$$\xi_{0j}^N \varphi_j^{(0)}(x(t_0), t_0) = 0, (j = \overline{1, r^{(0)}}), \xi_{ff}^N \varphi_j^{(f)}(x(t_f), t_f) = 0, (j = \overline{1, r^{(f)}}),$$

$$\mu_{ij}^N \varphi_j^{(k)}(x^0(t_k^i), t_k^i) = 0 (j = \overline{1, r^{(k)}}), \hat{x}(t), \hat{u}(t), \hat{x}^0(\eta), \hat{u}^0(\eta) \hat{t}_0, \hat{t}_f, \hat{t}_k^i.$$

Согласно [1] процесс $\hat{x}(t), \hat{u}(t), \hat{x}^0(\eta), \hat{u}^0(\eta) \hat{t}_0, \hat{t}_f, \hat{t}_k^i$ доставляет минимум функционалу

(8) в смысле необходимых условий, если существуют решения $\lambda^N(t), \lambda_i^{0N}(\eta)$ сопряженных векторных уравнений

$$\xi^N \left[\lambda^N(t) + \partial H(x(t), u(t), \lambda(t), t) / \partial x \Big|_{\wedge} \right] = 0, \quad (14)$$

$$v_i^N \left[\lambda_i^{0N}(\eta) + \partial H^0(x^0(\eta), u^0(\eta), \lambda_i^{0N}(\eta), \eta) / \partial x^0 \Big|_{\wedge} \right] = 0, \quad (15)$$

Такие, что справедливы следующие условия.

(1⁰) Трансверсальности:

$$\xi^N \left[\partial S / \partial x(t_0) \Big|_{\wedge} + \lambda^N(\hat{t}_0) \right] + \partial \varphi^{(0)} / \partial (t_0) \Big|_{\wedge} \xi_0 = 0, \quad (16)$$

$$\xi^N \left[\partial S / \partial x(t_0) \Big|_{\wedge} - H(\hat{x}(t_0), \hat{u}(t_0), \lambda^N(\hat{t}_0), \hat{t}_0) \right] + \sum_{j=1}^{r^{(0)}} \xi_{0j}^N \partial \varphi_j^{(0)} / \partial t_0 \Big|_{\wedge} = 0, \quad (17)$$

$$\xi^N \left[\partial S / \partial x(t_f) \Big|_{\wedge} - \lambda^N(\hat{t}_f) \right] + \partial \varphi^{(f)T} / \partial x(t_f) \Big|_{\wedge} \xi_f^N = 0, \quad (18)$$

$$\xi^N \left[\partial S / \partial t_f \Big|_{\wedge} + H(\hat{x}(t_f), \hat{u}(t_f), \lambda^N(\hat{t}_f), \hat{t}_f) \right] + \sum_{j=1}^{r^{(f)}} \xi_{fj}^N \partial \varphi_j^{(f)} / \partial t_f \Big|_{\wedge} = 0, \quad (19)$$

$$v_i^N \left[\partial S^0 / \partial x^0(t_k) \Big|_{\wedge} - \lambda_k^{0N}(\hat{t}_k) \right] + \partial \varphi^{(k)} / \partial (t_k) \Big|_{\wedge} \mu_i = 0, \quad (20)$$

$$v_i^N \left[\partial S^0 / \partial t_k^i \Big|_{\wedge} + H^0(\hat{x}^0(\hat{t}_k), \hat{u}^0(\hat{t}_k), \lambda^{0N}(\hat{t}_k), \hat{t}_k) \right] + \sum_{j=1}^{r^{(k)}} \mu_{ij}^N \partial \varphi_j^{(k)} / \partial t_k^i = 0, \quad (21)$$

(2⁰) Скачка:

$$\xi^N \left[\lambda^N(t_i + 0) - \lambda^N(t_i - 0) \right] + v_i^N \left[\lambda_i^{0N}(t_i + 0) + \partial S^0 / \partial x^0(t_i) \Big|_{\wedge} \right] = 0, \quad (22)$$

(3⁰) Минимума гамильтониана :

$$H(\hat{x}(t), \hat{u}(t), \lambda^N(t), t) = \min_{u(t) \in \Omega, t \in [t_0, t_f]} H(\hat{x}(t), u(t), \lambda^N(t), t) \quad (23)$$

$$H^0(\hat{x}^0(\eta), \hat{u}^0(\eta), \lambda^{0N}(\eta), \eta) = \min_{u^0(\eta) \in \Omega^0, \eta \in [t_i, t_k]} H^0(\hat{x}^0(\eta), u^0(\eta), \lambda^{0N}(\eta), \eta). \quad (24)$$

(4⁰) Нетривиальности, неотрицательности, дополняющей нежесткости:

$$\xi^N + \sum_{j=1}^{r^{(0)}} \xi_{0j}^N \sum_{j=1}^{r^{(f)}} \xi_{fj}^N + \sum_{i=1}^N \left[v_i^N + \sum_{j=1}^{r^{(k)}} \mu_{ij}^N \right] = 1, \quad (25)$$

$$\xi^N \geq 0, \xi_{0j}^N \geq 0, \xi_{fj}^N \geq 0, v_i^N \geq 0, \mu_{ij}^N \geq 0, \quad (26)$$

$$\xi_{0j}^N \varphi_j^{(0)}(\hat{x}(t_0), \hat{t}_0) = 0, (j = \overline{1, r^{(0)}}),$$

$$\xi_{fj}^N \varphi_j^{(f)}(\hat{x}(t_f), \hat{t}_f) = 0, (j = \overline{1, r^{(f)}}), \quad (27)$$

$$v_i^N = \begin{cases} = 0, \\ \geq 0, \mu_{ij}^N \varphi_j^{(k)}(\hat{x}^0(\hat{t}_k), \hat{t}_k) = 0 (j = \overline{1, r^{(k)}}), \end{cases} \quad (28)$$

где “^” означает оптимальные переменные и параметры;

$$\xi_0^{NT} = [\xi_{01}, \dots, \xi_{0N}], \xi_f^{NT} = [\xi_{f1}, \dots, \xi_{fN}], \mu_i^{NT} = [\mu_{i1}, \dots, \mu_{iN}],$$

$$H(x(t), u(t), \lambda(t), t) = \Phi(x(t), u(t) + \lambda^{NT}(t) f(x(t), u(t), t),$$

$$H^0(x^0(\eta), u^0(\eta), \lambda^0(\eta), \eta) = \Phi^0(x^0(\eta), u^0(\eta), \eta) + \lambda^{0NT}(\eta) f^0(x^0(\eta), u^0(\eta), \eta).$$

Таким, образом, для оптимальности процесса $x(t)$, $u(t)$, $x^0(\eta)$, $u^0(\eta)$, $t_0, t_j, t_k^r, t \in [t_0, t_f]$, $\eta \in [\tau, t_k^r]$, $\tau \in [t', t''] \subset [t_0, t_f]$ необходимо существование: неотрицательных

мер $\tau \in [t', t''] \subset [t_0, t_f]$, неотрицательных чисел $\xi, \xi_{0j} (j = \overline{1, r^{(0)}}), \xi_{ff} (j = \overline{1, r^{(f)}}),$

неотрицательных мер $\nu(\tau)$ и $\mu_j(\tau) (j = \overline{1, r^{(k)}})$, сосредоточенных на множестве $N = \{\tau : \tau \in [t', t'']\}$, векторной функции $\lambda(t)$ ограниченной вариации, являющейся решением обыкновенного дифференциального уравнения

$$\dot{\lambda}(t) = -\partial H / \partial x|_{\lambda}$$

для $t \in [t_0, t_f] / [t', t'']$ и векторной функции $\lambda_{\tau}^0(t)$ ограниченной вариации, являющейся решением уравнения

$$\dot{\lambda}_{\tau}^0(\eta) = -\partial H^0 / \partial x^0|_{\lambda}, \eta \in [\tau, t_k^r], \tau \in [t', t''],$$

Выводы. Таким образом, в данной статье изложены необходимые условия построения оптимальной траектории группы БПЛА с возможным изменением цели движения в любой момент времени в заданном интервале. Предложенный подход к построению оптимальной траектории обладает той особенностью, что представляет группе БЛА альтернативный вариант движения по траектории в любой текущий момент времени, принадлежащий некоторому заданному интервалу с соблюдением заданных критериев в случае изменения динамики ее движения и конфигурации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бертсекас Д.* Условная оптимизация и методы множителей Лагранжа. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
2. *Лысенко А.И.* Оптимизация траектории составной динамической системы с текущим моментом разделения // Техническая кибернетика. – Киев: Высшая школа. 1990. – Вып. – С. 24-31.
3. *Лысенко А.И.* Моделирование оптимального движения составной системы // Электронное моделирование. – 1989. – Т. 11. № 4. – 80-83.
4. *Лысенко А.И.* Модельная задача выбора оптимальной программы движения составной транспортной системы // Автоматика. – 1988, № 6, - С. 62-64.
5. *Лысенко А.И.* Необходимые условия оптимальности траектории составной динамической системы // Авиационные приборы, навигационные системы жизнедеятельности экипажей ЛА. – М.: ВВИА им. проф. Жуковского, 1988. – С. 82-95.

References:

1. *D. Bertsekas.* Conditional optimization and Lagrange multipliers method. - М.: Radio and Communications, 1987.- 400 p.
2. *Lysenko A.I.* Trajectory optimization component of a dynamic system with the current moment of separation // Technical Cybernetics. - Kiev: Graduate School. 1990. - Vol .. - P. 24-31.
3. *Lysenko A.I.* Simulation of optimal motion component system // Electronic simulation. - 1989. - Т. 11. № 4. - 80-83.
4. *Lysenko A.I.* A model problem of choosing the optimal program of motion of the transport system // Automation. - 1988, № 6, - P. 62-64.

5. *Lysenko A.I.* Necessary conditions for the optimality of the trajectory integral dynamic system // Aviation devices, navigation systems crew life LA - M .: VVIA them. prof. Zhukovsky, 1988. P. 82-95.

Є.В. Гаврилко
к. в. н., с. н. с.

О.В. Барабаш
д. т. н., проф.

АНАЛІЗ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ЗАСТОСУВАННЯ ФОРМУВАНЬ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО І ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

Наведено результати досліджень щодо аналізу ризиків професійної діяльності та управління. Розглянуто приклад можливого застосування спеціальних формувань під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного, техногенного і воєнного характеру.

Ключові слова: *ризик, управління ризиками, ліквідація надзвичайних ситуацій.*

Наука про особистий і груповий ризик та його оцінку сформувалася в останній чверті ХХ ст., і вона, безумовно, може стати однією з пануючих і системоутворюючих у новому сторіччі. Направленість і час наукового інтересу був пов'язаний, перш за все, з аварією на Чорнобильській АЕС та процесами ліквідацією її наслідків [1]. Причина цього – місце і роль, які посідають пов'язані з ризиком проблеми. Фахівці, що працюють в цій галузі вважають, що будь-яка діяльність тим чи іншим чином пов'язана з ризиком повинна враховувати та узгоджуватися з потребами людини та в цілому суспільства.

Найважливіша особливість науки про ризик – її міждисциплінарний характер з найтіснішою взаємодією багатьох наук.

Тому дослідження ризиків професійної діяльності для формувань сил Державної служби України з надзвичайних ситуацій, військ (сил) Збройних Сил України та інших формувань, що залучаються до участі в ліквідації наслідків НС є актуальною проблемою, якій присвячена ця наукова праця.

В провідних країнах світу постійно зростає фінансування наукових досліджень в області аналізу і оцінки ризику. За кордоном вже сформовано середовище фахівців нового напрямку науки — експертів з ризику.

В світі сформовані наукові напрями дослідження ризику, а саме: на транспорті, в промисловості, екологічні, ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру (НС), ризику виконання спеціальних завдань, економічних та інших. Поряд з вивченням ризиків розвинулося дослідження проблематики безпечності професійної діяльності, ризику, зокрема і під час виконання завдань в умовах надзвичайних ситуацій техногенного, природного характеру.

Слід згадати, що органи військового управління Збройних Сил СРСР, та їх складової - органами військового управління військами Цивільної Оборони, під час організації в 1986-1991 рр. процесів ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській атомній електростанції (АЕС) зіткнулися з проблемою безпеки при виконанні спеціальних завдань, визначення припустимого рівня опромінення та планування спеціальних робіт в умовах радіаційної небезпеки та іншого. В той час керівництво інтуїтивно шукало підходи щодо управління ризиками під час ліквідації наслідків аварії на АЕС. Такі підходи були знайдені. По-перше, це постійний радіаційний контроль опромінення особового складу, по-друге – накопичення даних такого контролю, по-третє – медичний контроль стану особового складу по стану крові. Все це стало провісником оцінки та управління ризиками при застосуванні сил під час ліквідації наслідків НС.

Отриманий досвід з часом перетворився у частину науки про ризик. Цей досвід сповна використано фахівцями провідних країн світу. Так, одним з основних показників, що впливає на організацію спеціальних робіт, що виконуються військовослужбовцями сил

самооборони Японії під час ліквідації наслідків аварії на реакторах атомної електростанції "Фокусіма-1" є ризик професійної діяльності.

Оцінка ризиків професійної діяльності, визначення ризиків, що притаманні конкретній галузі діяльності буде цікавим іншим структурам управління такими ризиками повинно стати одним з основних показників для керівництва формуваннями.

Наведене підтверджує актуальність та перспективність досліджень проблематики аналізу та оцінки ризиків, управління ними і є актуальною проблематикою для України.

Слід зазначити, що ризики доцільно розглядати окремо щодо: окремих ліквідаторів (оцінка індивідуального ризику); групи, формування, видів (родів) військ (оцінка колективного ризику); об'єктів (оцінка ризику перебування в них); середовище (оцінка ризику в районі розміщення).

Розглянемо один з апаратів оцінки ризику професійної діяльності.

При цьому ризик, оцінюється статистичними методами [1, 3]. Автори розглядали як порогові так і безпорогові ефекти. У разі коли співвідношення "доза-ефект" не мало порогу, припустима концентрація розраховується за виліченою додаткового ризику, встановленого для всієї тривалості життя ліквідатора або за кількістю додаткових випадків тяжких наслідків, що стосується одного року. Якщо x зв'язок "доза-ефект" характеризувався наявністю порогової дози, то допустима концентрація розраховується за значеннями цієї дози.

Нехай в g компонентах середовища виконання завдання (наприклад, $g = 3$ розглядаються повітря, вода та їжа) присутні $(k-1)$ безпорогові забруднювачі, до яких додається ще один $(k-й)$ забруднювач, який також не має порогу в співвідношенні "доза-ефект".

Повний ризик, зумовлений впливом всіх k безпорогових речовин, визначається наступним чином:

$$R = \sum_g \left(\sum_{j=1}^{k-1} R_{gj} + R_{gk} \right), \quad (1)$$

де R - значення індивідуального ризику; R_{gj} - значення індивідуального ризику, пов'язаного з присутністю j -го небезпечний фактору НС в g -му районі НС; R_{gk} - значення індивідуального ризику, спричиненого появою k -го небезпечний фактору НС в g -му Районі НС.

Зв'язок між отриманою дозою та ризиком $[R_a(D)]$, як правило має лінійну залежність, тоді вираз (1) прийме вигляд:

$$R = \sum_g \left(\sum_{j=1}^{k-1} [R_a(D)_{gj}] + R_a(D)_{gk} \right), \quad (1)$$

Нехай в g компонентах середовища виконання завдань (наприклад, $g=3$ розглядаються випромінювання, повітря, місцевість) присутні $(k-1)$ безпорогові забруднювачі, до яких додається ще один k -й який теж немає порогів співвідношені.

Для розрахунку ризику ураження отриманого від різноманітного роду зараження/забруднення з огляду на лінійний, для малих і середніх доз, взаємозв'язок між показниками безпеки (наприклад дозою) і викликаним ефектом може бути використаний вираз:

$$R_o(D) = F_r D = F_R, \quad (3)$$

де c - концентрація (доза) небезпечного фактору НС ($мг, л., p, Зв$);
 v - швидкість його надходження в організм ($м^3/доба, л/хв, p/год, Зв/год$);
 t - тривалість ліквідації НС, перебування в зонах та інше ($хв, год, зміна, доба, рік$);

F_R – коефіцієнт ризику небезпечного фактору ($mz^{-1}, p^{-1}, 3z^{-1}$).

Наприклад, для розрахунку концентрації (дозы) небезпечного фактору НС можна використати дещо видозмінений вираз (3):

$$c = \frac{R_o(D)}{F_R v t} \quad (4)$$

Середній індивідуальний ризик, наприклад, випадку для учасника, у зв'язку з виконанням ним професійних обов'язків оцінюється виразом:

$$R = M[N] = P \frac{d_c}{n}, \quad (5)$$

де d_c — число небезпечних випадків за визначений час з визначеної причини;
 n — чисельність групи, на яку поширюється оцінка (у нашому випадку – особового складу формувань, що залучені до дій в НС).

Прогноз індивідуального ризику можна зробити, встановивши взаємозв'язок із частотою небезпечних подій:

$$M(\Delta t) = \frac{R_0(\Delta t) d_c}{n}, \quad (6)$$

де $\alpha(\Delta t)$ — математичне сподівання числа небезпечних подій на території можливого знаходження;

n — чисельність групи, на яку поширюється прогноз;

d_c — середня кількість негативних (обраних для оцінки) випадків.

Число небезпечних випадків серед певної групи людей від виняткових подій та коли статистика відсутня, можна оцінити за допомогою математичних моделей, наприклад, по формулі $d_c = R(\Delta t) S_p$, де S – середня площа зони ураження при реалізації небезпечної події ($км^2$); p – середня щільність укомплектованих відповідним чином формувань в районі можливих небезпечних подій ($осіб/км^2$).

Природно, що з наведеного можна встановити розподіл ризиків по видах формувань, об'єднанням, типам професійної діяльності тощо.

Колективний ризик оцінюється числом d_c випадків у результаті дії певного небезпечного фактора НС або їх сукупності на розглянуту групу (підрозділ, частину, формування) їх списаною чисельністю - n .

Аналогічно до вищенаведено розрахунок ризику за відсутністю статистичних даних проводиться за відповідними математичними моделями. Разом з цим, слід зазначити про існування перестороги щодо штучного або адміністративного заниження F_R , що може привести до загублення розрахунку. Тільки адекватна оцінка ризиків, повне врахування всіх його складових дозволять отримати повну картину та планувати дії у майбутньому.

Наведені підходи дозволяють легко встановити, яку кількість небезпечних випадків “витримає” суспільна думка, можливості формувань, розрахувати потрібних контент учасників та їх рівень наступного соціального забезпечення. І головне – обґрунтовано пояснити суспільству особистий/груповий внесок і соціальні пільги.

До питання управління ризикам.

Управління ризикам професійної діяльності, зокрема і під час професійної діяльності, можна розв'язувати шляхом вирішення двох основних задач: прямої – прогнозування ризику для різних категорій, обрання оцінки стану ризикованості в конкретних видах формувань по реальній статистиці та оберненої – визначення термінів перебування в небезпечних зонах чи

районах, варіантів, форм і способів дій та організації заходів захисту, всебічного забезпечення тощо для досягнення прийнятного рівня ризиків.

Під управлінням ризиками варто розуміти систему правових, законодавчих, організаційних, технічних та технологічних заходів, що проводяться органами управління по розробці, обґрунтуванню і реалізації програм заходів, спрямованих забезпечити зниження ризиків й досягнення відповідного рівня ризику для виду формування.

Іншими словами – це діяльність по зниженню ризику до рівня, який суспільство вважає прийнятним. За іноземними джерелами шкала ризику має показники, що наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація умов професійної діяльності

Умови діяльності	Рівень ризику $R_0(\Delta t)$ летального випадку в рік	Оцінка прийнятності ризику
Безпечні	$\leq 10^{-4}$	Занадто малий
Відносно безпечні	$10^{-4} - 10^{-3}$	Відносно невисокий
Небезпечні	$10^{-3} - 10^{-2}$	Високий; необхідні <u>заходи захисту</u>
Особливо небезпечні	$\geq 10^{-2}$	Винятково високий; необхідні <u>заходи захисту</u>

В провідних країнах світу середньою величиною прийнятного ризику в професійної діяльності звичайно ухвалюються на рівні $2,5 \cdot 10^{-4}$ летальних випадків на рік [1, 3].

Для умов ліквідації наслідків НС такі показники мають бути в певній мірі збільшені. В ряді документів, що регламентували опромінення особового складу в умовах застосування ядерної зброї визначалося, що для особового складу який може бути задіяний при ліквідації її наслідків норма опромінення збільшувалася в 2 рази до 100 рад [4, 5].

Умовами професійної діяльності доцільно вважати безпечними, якщо ризик нижче прийнятного, і небезпечним, якщо вище.

В умовах виконання завдань, де $R_0(\Delta t) > R_0(\Delta t)^a$ може мати місце неприпустимий ризик.

В такому випадку виконання таких завдань можуть бути відмінені, навіть якщо вони вигідні для суспільства в цілому.

Зрозуміло, що вага таких завдань повинна визначатися в залежності від їх важливості в певній обстановці і на етапі прийняття рішень повинна враховувати доцільність, вживатися заходи захисту або передбачатися відповідні соціальні та економічні компенсатори. Якщо важливість інтересу суспільства занадто висока, в такому випадку рівень ризику повинен бути збільшеним, й скажемо так, “оплачений” суспільством так, що це задовольнило б всі сторони.

Будь-яка діяльність в умовах ризику є предметом управління для органу управління, тобто керування ризиками професійної діяльності.

Для ефективного управління безпекою необхідно мати досить розвинену систему методів аналізу й оцінки небезпеки різних видів діяльності, пов'язаної з професійною діяльністю.

Для певних формувань доцільним буде встановлення відповідних критеріїв ризику дій в НС. При цьому рівень ризику для окремих категорій фахівців може бути більш високим, ніж для інших видів професійної діяльності в силу свого специфічного призначення.

Але тоді, для окремих категорій фахівців, що зазнають підвищеного ризику, повинні бути передбачені соціальні та фінансові компенсації (надбавки до грошового забезпечення, додаткова відпустка, санаторно-курортне обслуговування тощо) додаткових факторів ризику, пов'язаних зі здійсненням важливих для держави функцій, наприклад, під час ліквідації наслідків НС.

Під час управління ризиками професійної діяльності під час ліквідації наслідків НС доцільно, на погляд автора, використовувати наступні загальні принципи:

принцип повного урахування – в оцінку ризику доцільно включати усі небезпечні фактори НС природного, техногенного і воєнного характеру, які тільки можливі при виконанні завдань на визначених території та об'єктах;

принцип переваги – при виборі заходів захисту перевага віддається тим, які забезпечують при однакових витратах найбільше зниження ризику;

принцип доцільності – при виборі функцій, завдань і заходів перевага віддається тим, які забезпечують найменший ризик та найбільшу ефективність (доцільність).

Підсумовуючи, зазначимо, що ризик при виконанні обов'язків відноситься до професійного, тобто вимушеному ризику. Тому держава повинна нести відповідальність за формування підходів щодо управління ризиками у різних видах діяльності.

Викладені погляди оцінки ризиків й управління ними дозволяє формувати науково-обґрунтовані рекомендації та пропонувати практичні заходи щодо досягнення прийнятного рівня ризику професійної діяльності в умовах участі в ліквідації наслідків НС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акимов В. А. Природные и техногенные ситуации: опасности, угрозы, риски / Акимов В. А., Новиков В. Д., Радаев Н. Н. – М.: ЗАО ФИД "Деловой экспресс", 2001. – 344 с.
2. Биченок М. М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі / М. М. Биченок, С. П. Іванюта, Є. О. Яковлев // Інститут проблем безпеки РНБО. – К.: 2008. – 160 с.
3. Гаврилко Є. В. Комплексна методика пошуку рішень на участь Збройних Сил України у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного, техногенного і воєнного характеру на основі оцінки ризику / Є. В. Гаврилко // Труды університету. – К. : НАОУ.– 2011.– № 5(104). – С.13-15.
4. Методика выявления и оценки радиационной обстановки при разрушениях (авариях) атомных электростанций. М.: Издание ГШ РВ ВС СССР, 1989. - 118 с.
5. Методика выявления и оценки химической обстановки при разрушении (аварии) объектов, содержащих сильнодействующие ядовитые вещества. М.: Издание ГШ РВ ВС СССР, 1989. - 116 с.

M. Grytsiuk
lecturer

COMPLEX ESTIMATION OF STRATEGIC TOURISM DEVELOPMENT OPTIONS IN CARPATHIAN REGION

Method of complex estimation of admissible strategic tourism development options in Carpathian region is developed, which based on evaluation of relevant indicator, which value within aggregated form displays certain objectives of a chosen strategy. It was found that the method of forming a complex valuation criteria indicator based on the development of hierarchical structure (tree) of criteria enjoys significant popularity with the officers who make ultimate decisions. Within each level of this structure, there is development of aggregated estimation of former level criteria indicator. The peculiarity of hierarchical structure is aggregation of just two criteria or indicators of the valuation thereof within each node that is the benefit of this method.

Key words: *tourism, development strategy, indicators of aggregated and complex estimation of criteria, expert appraisal, method of linear criteria curtailing, method of hierarchical criteria structure, system of decision-making.*

In order to cover several key strategic tourism development objectives in Carpathian region [2], one has to deal with multi-objective task of finding the best option [5]. Generally, the goals of the strategic tourism development largely inconsistent [3]. Therefore, implementation of financial and economic ideas often leads to increase of environmental hazard. Large expenditures on improving living standards (social goals) make it very difficult to achieve financial and economic goals, etc. Therefore, the task of forming the optimal variant of strategic tourism development, taking into account social, economic and environmental objectives, belongs to multi-criteria optimization problems [5, 6]. There are several approaches to solving this class of problems, most of which are somehow related to the formation of a complex estimation index of acceptable option, which value within aggregated form shows certain objectives of the strategic development [3].

The aim of this contribution is to develop the method of complex estimation of strategic tourism development options in Carpathian region. For achievement of this goal, it is required to solve the following tasks: determine the peculiarities of the method of hierarchical structure of selection criteria, implementation of its development algorithm; provide examples of choosing the optimal options for strategic development of the tourism industry; make relevant conclusions.

1. The method of hierarchical structure of selection criteria

At some time, there was very popular method of forming an index of complex estimation of criteria based on construction of a hierarchical structure (tree) of selection criteria. The idea of the method is that all the criteria are organized in a particular hierarchical structure [4]. Within each level of this hierarchy there is development of the value of aggregated estimation of the former level criteria.

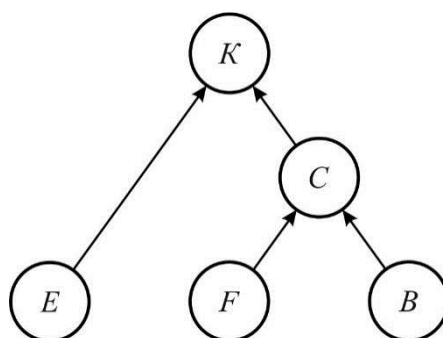


Figure 1. The hierarchical structure of criteria of complex estimation of strategic tourism development options.

Figure 1 shows the hierarchical structure for three criteria of estimation strategic development options – economic efficiency, quality of life and environmental safety (to be referred to as letters E, F and B) [1]. Usually, one must combine the criterion of life quality appraisal (F) with the criterion of environmental safety (B) into joint aggregated criterion of social class appraisal (C) strategic development. Further, by combining the criterion of social class (C) with the criterion of economic efficiency (E), we obtain the criterion (index) of integrated assessment (K) of social-economic level of strategic tourism development, which extreme values may provide the analyzed option.

The peculiarity of the hierarchical structure shown in Figure 1 is aggregation, within each tree node of just criteria, which is an extraordinary advantage of this method over the others [6]. The fact that the rate of complex estimation of the options should reflect the important priorities of the strategic tourism development. The formation of these priorities, that also means the formation of this parameter, should be conducted by top management (Minister, deputy-ministers, chairmen of regional and local administrations), *i.e.* persons who make ultimate decisions [3]. Here they face a purely psychological problem. Usually, the person in charge is able to evaluate effectively (compare) only a limited number of strategic options, and the best would be, if at every step they have to compare maximum two criteria.

Comparison of the strategic development options for the two criteria may be easily performed if giving the results of their evaluation in a table (matrix). Lets move in advance to a discrete scale of estimation for each criterion, namely, we shall judge our strategic option of tourism development, using a five-point scale: critical, bad, fair, good, excellent, or numerical evaluations - one, two, three, four five. Most of these scales display the aggregated and complex estimation values of the relevant options. Figure 2 shows an example of convolution of "quality of life" criterion (F) to the criterion of "environmental security" (B).

5	2	3	4	5	5
4	2	3	4	4	4
3	1	2	3	3	4
2	1	2	3	3	3
1	1	1	2	2	3
F / B	1	2	3	4	5

Figure 2. Matrix of convolution of "quality of life" criterion to the criterion of "ecological safety"

As it was noted above, this matrix reflects social priorities of the strategic tourism development options [2]. So, in a critical condition, within the environment and poor quality of life there is no single priority criterion. In case of satisfactory strategic development in the field of environmental and in low quality of life, the priority shall be given to the quality of life index. If environmental security obtains good grade, and the quality of life is satisfactory, the social level shall be estimated as "good". If otherwise (the grade "good" in terms of life and "satisfactory" with respect to the environmental safety), the social level shall be assessed as "fair". With the increasing life standards, the priority shifts towards ecological security index. In particular, social level with "excellent" grade is only reachable within the "excellent" mark in terms of environmental safety, at the same time, the quality of life may even be valued as "good".

Having aggregated values of social class (C) of strategic tourism development we are able to build a convolution matrix of two criteria (C) and (E), so that we obtain the value of the complex assessment of its socio-economic level (K). Example values of this assessment are shown in Fig. 3.

5	3	3	4	5	5
4	2	3	4	4	5
3	2	2	3	3	4
2	1	2	3	3	4
1	1	1	2	2	3
C / E	1	2	3	4	5

Figure 3. Matrix of convolution criterion of "social level" with the criterion of "economic efficiency"

Both matrices are combined into a diagram of complex estimation of social-economic level of strategic tourism development, and shown in Figure 4. Having the tree of criteria convolution we may estimate either option of strategy development, and then we may choose the best option from the set of admissible. For this purpose, each option of strategic development shall be describes as a set of criteria which values $\tilde{X}^\Sigma = \{x_E, x_B, x\}$ determine the level of its estimation.

Let's consider the problem of choosing the optimal option of strategy development, which will provide a transition from the state of the tourism industry with the "bad" mark to the state with the "satisfactory". For this purpose we shall give a definition of intense strategic development options [1]. We assume that x_1 option shall be called tight if there is no other option x_2 , which has the same value of the aggregate or complex estimation, where the value of each criterion is not higher in x_1 option. For example, the option $\tilde{X}_1^\Sigma = \{2, 2, 4\}$, which has a complex estimation of $K = 3$ is not tight, whereas there is an option $\tilde{X}_2^\Sigma = \{2, 2, 3\}$, which has the same value of the complex estimation indicator, while the value of each of the criteria do not exceed the value of similar criteria of \tilde{X}_1^Σ option. Since there are no options for \tilde{X}_2^Σ option, it is tight. The purpose of strenuous option is that the current strategic development options that provide acquiring of the necessary values of its complex estimation should be strained. In fact, the strenuous options are Pareto-optimal choices in the space of criteria to be considered. Therefore, within solving the problem of choosing the optimal variant of strategic tourism development, which will provide a transition from the state of "bad" to the "satisfactory", we can restrict the analysis of only strenuous options.

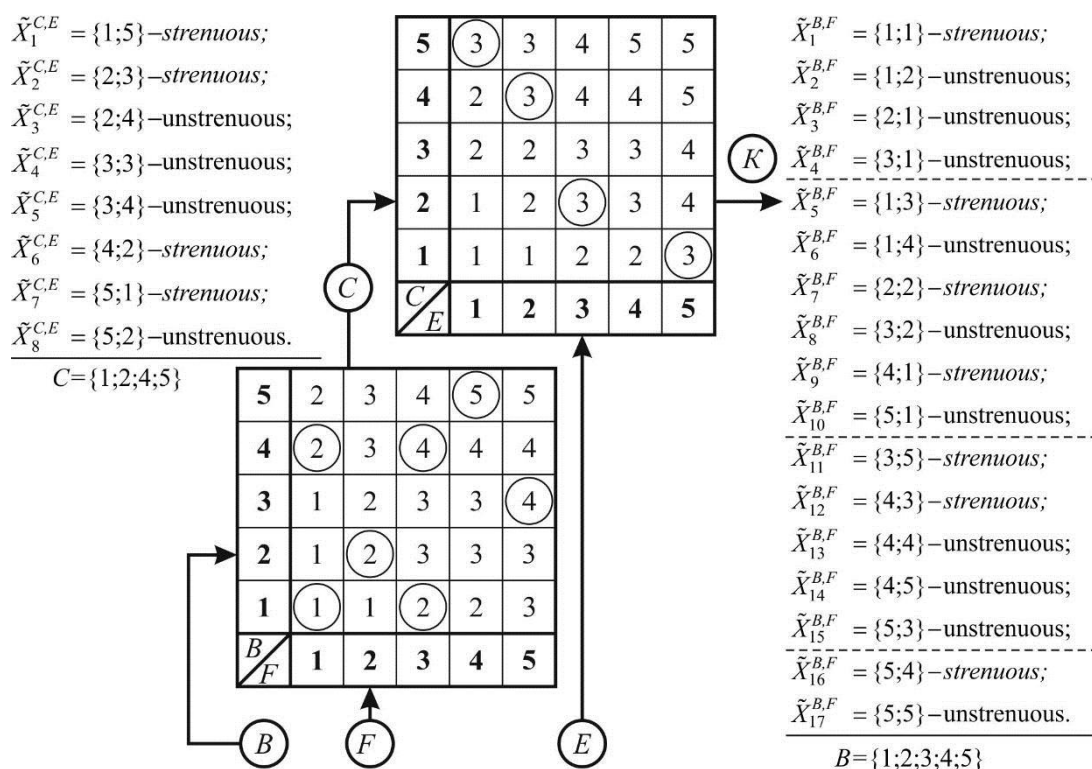


Figure 4. The scheme of complex estimation of social-economic level of strategic development of tourism

Let's describe the algorithm of resolving all the strenuous options of strategic development.

Let's set the task of transition from the state of $\tilde{X}_0^\Sigma = \{2, 2, 2\}$ with the value of comprehensive estimation index of "bad" to the state $\tilde{X}_1^\Sigma = \{3, 3, 3\}$ with the value of "satisfactory". Firstly, we consider the matrix of estimation criteria convolution of social class (C) and the level of economic efficiency (E). Highlighting all the elements of the matrix C/E, which have values of 3 (satisfactory, Figure 4) and which are strenuous, *i.e.* only those that are on the left and in the bottom of them. For obtaining each of these states of the strategic development it is necessary to achieve certain values in

social class (C) and the criterion of economic efficiency level (E). Since the state of strategic development with the value of complex estimation indicator 3 may be achievable through acquiring a value of 1 for the aggregated indicator "C" and the value of 5 – for the criterion "E", etc. Totally we would acquire 8 following options, among which there are strenuous, namely $\tilde{X}_1^{C,E} = \{1;5\}$, $\tilde{X}_2^{C,E} = \{2;3\}$, $\tilde{X}_6^{C,E} = \{4;2\}$; $\tilde{X}_7^{C,E} = \{5;1\}$. Figure 4 highlights in the matrix C/E the values of complex indicators that shall be met for each of the four aforementioned states of the strategic development.

Economic efficiency (E) is the primary criterion for estimation of the strategic development, also as a social level (C) – by aggregated indicator of its estimation. Therefore, we consider the matrix of convolution of criteria (B) and (G) which should be a basis for all strenuous options, that according to the aggregates indicator testing (C) give the following values: {1, 2, 4, 5}. For example, the value of 1 ("critical") in terms of indicator "C" may be obtained in four ways: $\tilde{X}_1^{B,F} = \{1;1\}$, $\tilde{X}_2^{B,F} = \{1;2\}$, $\tilde{X}_3^{B,F} = \{2;1\}$; $\tilde{X}_4^{B,F} = \{3;1\}$, and the value of 2 – by six ways: $\tilde{X}_5^{B,F} = \{1;3\}$, ..., $\tilde{X}_{10}^{B,F} = \{5;1\}$, the value of 4 – by five ways: $\tilde{X}_{11}^{B,F} = \{3;5\}$, ..., $\tilde{X}_{15}^{B,F} = \{5;3\}$, and the value of 5 may be obtained only by two ways: $\tilde{X}_{16}^{B,F} = \{5;4\}$; $\tilde{X}_{17}^{B,F} = \{5;5\}$.

Among all the 17 analyzed options of strategic development only 7 of them are strenuous, namely $\tilde{X}_1^{B,F} = \{1;1\}$ corresponds to the preservation of the current state in the field of environmental safety (B) and quality of life (F) $\tilde{X}_5^{B,F} = \{1;3\}$ option corresponds to some improvements in living standards $\tilde{X}_7^{B,F} = \{2;2\}$ option indicates the absence of any priority to either criterion $\tilde{X}_9^{B,F} = \{4;1\}$ option corresponds to a slight improvement in ecological security $\tilde{X}_{11}^{B,F} = \{3;5\}$ option corresponds to the excellent standard of living with the average level of environmental security, options $\tilde{X}_{12}^{B,F} = \{4;3\}$ and $\tilde{X}_{16}^{B,F} = \{5;4\}$ match almost perfect level of environmental safety and are slightly above the average standard of living.

Due to performance of the above actions we have obtained the graph (Figure 5), which is called the set of strenuous options of transition from one state to another. As to the algorithm of its construction, it contains all the strenuous strategic options for development of tourism, which have the "satisfactory" value of the complex estimation index.

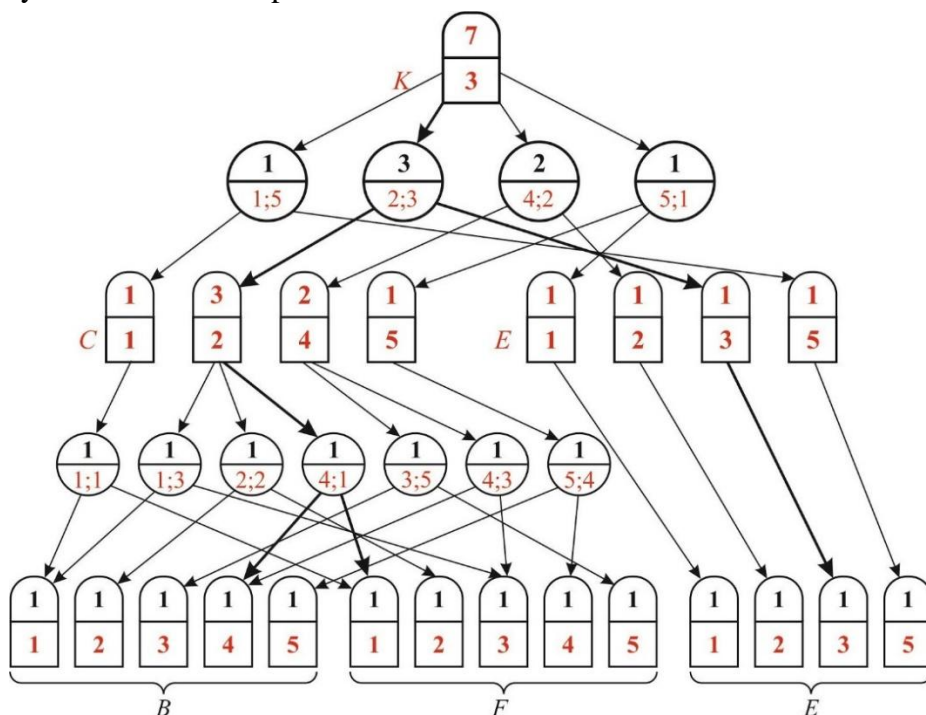


Figure 5. The graph of the set of strenuous options of the strategic tourism development

Rationale the working capacity of this algorithm is directly based on the described method for determining indexes. Indexes peaks indicated in Fig. 5 on top of the peaks. Number of strenuous options is 7.

2. Examples of choosing the optimal alternative strategic development of tourism industry

Having built a set of strenuous options can solve a various problems of forming an acceptable option of strategic tourism development, taking into account the factors of cost [2] and the risk of implementation. Consider at first the problem of selecting the options of strategic development that achieves this goal with minimal expenditure on its implementation. Let for the i -th criterion defined expenditure

$$\tilde{S} = \{S_i = \{s_{ij}, j = \overline{1, n}\}, i = \overline{1, m}\},$$

necessary to ensure the j -th level of the tourism industry. This means that developed a set of admissible options of strategy development, implementation of which ensures the growth criterion to the j -th level. We assume that the options of different criteria are independent that is an option for the i -th criterion does not affect to the other development options. In this case, there is an efficient algorithm for determining the optimal option of strategic development of the minimum cost of its implementation [2]. The basis of this algorithm is also a method of indexing of vertices a set of strenuous options from the top to bottom.

Denote the lower vertices of set solutions by indexes s_{ij} . The vertices of the next (higher) level of set of strenuous options will denote only after denoted all adjacent vertices of level which are located below. In this case the index of vertex-square (in these vertices are written one number – the value of the corresponding aggregation index) corresponds to the minimum of the indices of adjacent vertices-circles of lower level, and the index of vertex-circle (in a circle is written a two numbers – a pair of criteria values of lower level, the aggregation of which gives the corresponding value of the criterion of the upper level) equals the sum of indices of adjacent vertices-squares of lower level.

Consider a work of algorithm for example of selection a sets of strenuous options presented in fig. 5.

Example 1. Let the matrix of expenditure (\tilde{S} , conv. units.) have such view:

Table 1. The matrix of expenditures on the implementation the options of strategic development

$i \setminus j$	1	2	3	4	5
B	8	32	52	63	67
F	14	19	30	46	82
E	2	13	41	78	96

The indexes values of vertices sets of the solutions received on the basis of the described algorithm are listed in Fig. 6 in the upper half of the corresponding vertices. The optimal option is highlighted by thick lines. It is an option $\tilde{X}^{B, \mathcal{K}, E} = \{1; 3; 3\}$ with the total expenditure $s_0 = 79$, conv. units, that corresponds a sustainable development of tourism industry by all criteria.

Suppose that for each value of criteria evaluation of the level of economic efficiency are set the expenditures $(s_{B,i})$ and $(s_{F,j})$, needed to achieve the j -th value in accordance with the criteria (B) and (F). In this case, the algorithm for determining the appropriate option of the strategic development of minimal cost is based on iterating the possible values of the criteria evaluation of the level of economic efficiency (E). At any of its values are need to solve the problem of searching an option of strategic development of the minimal cost for the other criteria. With five options that correspond to five possible values of the level of economic efficiency, is chosen the best.

For each level of economic efficiency we get some set of strenuous options that are the subgraph of the set of solutions given in example 1. The results of solving the problem are given in table 3.

Is necessary to note that these subgraphs are intersect only in the initial vertex and some finite vertices. We divide the finite vertices in which intersect the subgraphs on several vertices so that all subgraphs have only one common vertex, namely – the initial (Fig. 7).

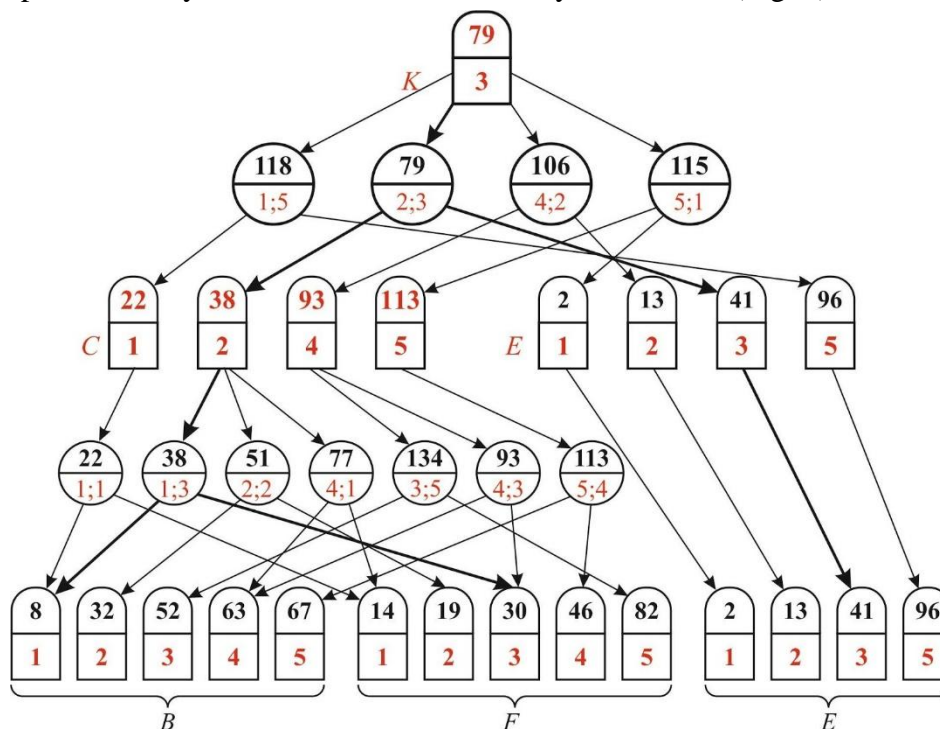


Figure 6. Graf of set of strenuous options of strategic development of tourism industry

Example 2. Let the expenditures $(s_{B,i})$ and $(s_{F,j})$ for different levels of economic efficiency have the values, which are shown in table 2.

Table 2. The expenditures $(s_{B,i})$ and $(s_{F,j})$ for different levels of economic efficiency

$E_i \setminus j$		1	2	3	4	5
1	B	3	10	35	50	57
	F	21	26	41	77	129
2	B	5	15	45	70	88
	F	13	18	27	48	85
3	B	8	30	60	99	122
	F	9	12	19	29	52
4	B	18	40	74	120	152
	F	4	7	11	17	32
5	B	38	62	96	148	182
	F	2	4	6	11	18

Table 3. The total expenditures on the implementing options of the strategic development of the minimal cost for different values of expenditures by the criteria $(s_{B,i})$ and $(s_{F,j})$

$B_i \setminus F_j$	1	2	3	4	5
1	77	69	63	55	50
2		73	65	57	52
3			68	60	55
4				70	65
5					85

Now, to receive the set of solutions we use the above-described algorithm for determining the option of strategic development of the tourism industry of the minimal cost which results in different values of criteria B_i and F_j are summarized in the following table.

$i \setminus j$	1	2	3	4	5
B_1	3	10	35	50	57
F_5	2	4	6	11	18

One of the allowable options for B_3 and F_3 shown in Fig. 7 by thick lines. This is an option $\tilde{X}^{B,K,E} = \{1;3;3\}$ with the expenditures $s_0 = 68$ conv. units. Similarly possible to determine the optimal options of the strategic development of the tourism industry and for the case when one of the direction of development are influences to the other.

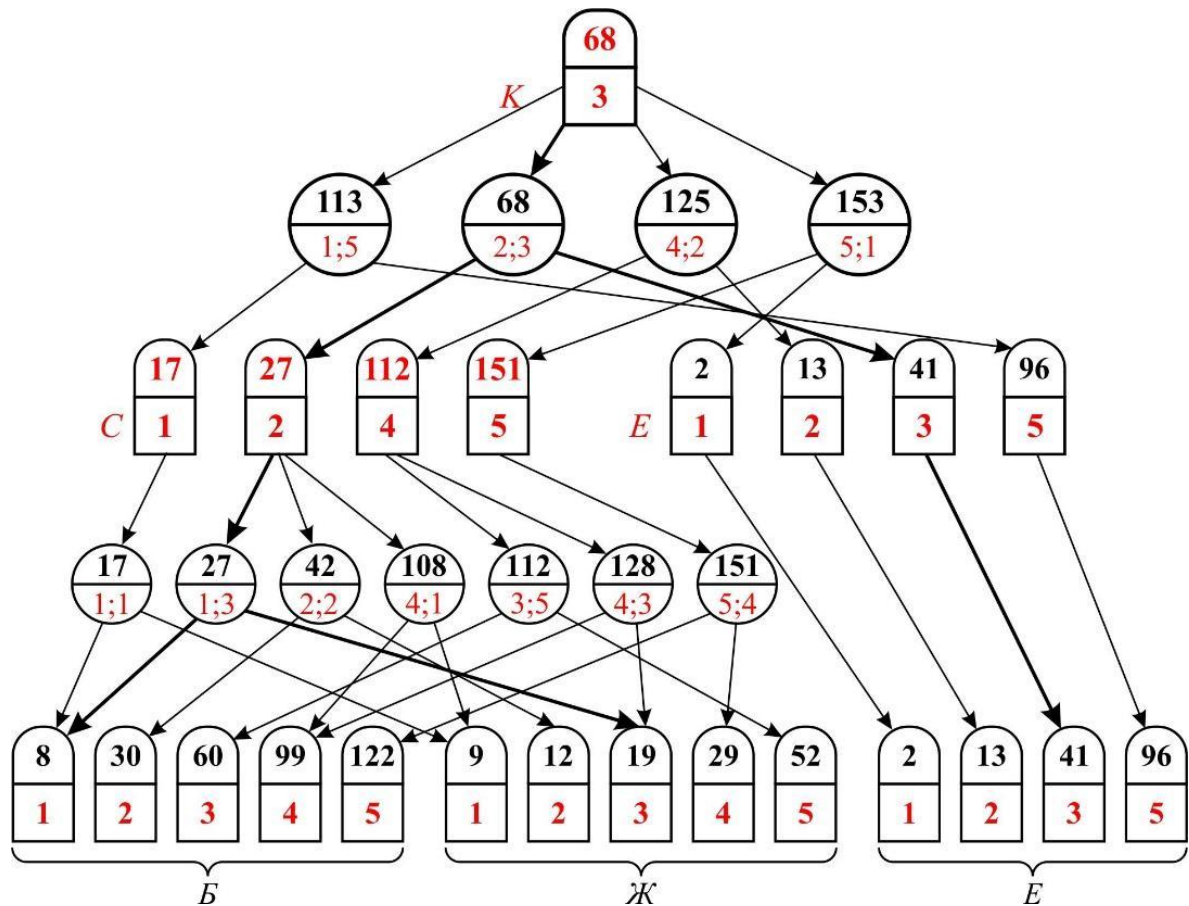


Figure 7. The graf of set a strenuous options of strategic development of tourism industry

Conclusions

1. Since the objectives of the strategic development of tourism industry mainly inconsistent with each other, so for the consideration of several of them have to solve a multicriterial problem of search the optimal option. There are several approaches to solving such type of problems, the most of which are somehow related to the formation the index of complex evaluation of allowable options, the value of which in the aggregate form represent the certain objectives of strategic development.

2. It was found that among people who accept the final decision the great popularity received the method of forming the index of complex evaluation of criteria based on constructing the hierarchical structure (tree) criteria. On each level of this hierarchy occurs the constructing the index of aggregated evaluation of criteria on the previous level. The peculiarity of hierarchical structures is the aggregating in each node of tree only two criteria or indexes of its evaluation, which is the main advantage of this method.

3. The examples of implementation the appropriate tasks are shown, which allow to understood the essence of these methods of forming the index of complex evaluation of criteria and also to analyzed the results of evaluation the options of strategic development of the tourism industry by the several criteria – the economical effectiveness, the quality of life and the environmental safety.

References:

1. Бурков В.Н. Экономико-математические модели управления развитием отраслевого производства / В.Н. Бурков, Г.С. Джавахадзе. – М. : Изд-во ИПУ РАН, 1997. – 64 с.
2. Грицюк М.Ю. Задачі стратегічного управління портфелями проектів у туристичній галузі Карпатського регіону / М.Ю. Грицюк, Л.І. Максимів // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 20.9. – С.88-99.
3. Дядечко Л.П. Економіка туристичного бізнесу : навч. посібн. – К. : Центр навч. літ-ри, 2007. – 224 с.
4. Ильина Е.П. Выявление, формализация и анализ профессиональных знаний о модели экспертного оценивания иерархических альтернатив / Е.П. Ильина, Ю.В. Ольховская // Проблемы программирования. – 2002. – № 1-2, спец. выпуск. – С. 421-429.
5. Корнеенко В.П. Методы оптимизации: методы решения многокритериальных задач / В.П. Корнеенко, О.А. Рамеев. – М. : Изд-во ИКСИ, 2007. – 380 с.
6. Трахтенгерц, Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений: научно-практ. изд. / Э.А. Трахтенгерц. – Сер.: Информатизация России на пороге XXI века. – М. : Изд-во СИНТЕГ, 1998. – 376 с.

О.О. Попов
к.т.н., с.н.с.

В.О. Ковач
к.т.н.

А.В. Яцишин
д.т.н., с.н.с.

Є.Б. Краснов

М.В. Малков

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Розроблено інформаційно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням поверхневих водних об'єктів в результаті скиду стічних вод на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Представлено інформаційно-обчислювальні процедури методу, розроблено та описано два керуючих алгоритми для розв'язання нестационарної та стаціонарної задачі. Наведено приклади візуалізації результатів моделювання розповсюдження забруднюючих речовин у водному об'єкті за короткочасного та неперервного скиду. Наведено варіанти впровадження розробленого методу.

Ключові слова: *інформаційно-технічний метод, попередження надзвичайної ситуації, забруднення, поверхневий водний об'єкт.*

DEVELOPMENT OF INFORMATIONAL AND TECHNICAL METHOD OF EMERGENCIES PREVENTION CONNECTED WITH AQUATIC ENVIRONMENT POLLUTION

There was developed informational and technical method of emergencies prevention connected with aquatic environment pollution in result of discharges of sewage on territories of critically important objects. Informational and computational procedures of method are given. Two managing algorithms for solution of stationary and non-stationary tasks are described and shown. There are given examples of visualization results of pollutants spreading modeling in water body for moment and continuous discharges. Variants of developed method application are proposed.

Key words: *information and technical method, emergency prevention, pollution, surface water object.*

Вступ

Одна з ключових проблем, що стоять перед людством, – це протиріччя між потребами соціально-економічного розвитку і необхідністю збереження середовища проживання.

Науково-технічний прогрес не тільки сприяє підвищенню продуктивності і поліпшенню умов праці, зростанню матеріального добробуту та інтелектуального потенціалу суспільства, а й призводить до зростання ризику аварій великих технічних систем. Останнє пов'язано з ускладненням їх конструкції, збільшенням їх кількості, зростанням одиничних потужностей агрегатів на промислових і енергетичних об'єктах, їх територіальною концентрацією.

Досить назвати аварії на АЕС в Три-Майл-Айленд (США), в Чорнобилі (Україна), в Фукусімі (Японія), на хімічних підприємствах Фліксборо (Великобританія), Севезо (Італія), Бхопалі (Індія), великі транспортно-промислові катастрофи в Арзамасі, Свердловську, під Уфою, розливи нафти в результаті аварії танкерів. Також можна згадати нещодавню пожежу на нафтобазі в Васильківському районі Київської області [1].

Руйнівну силу техногенних катастроф і стихійних лих у деяких випадках можна порівняти з військовими діями, а кількість постраждалих значною мірою залежить від типу, масштабів, місця і темпу розвитку ситуації, особливостей регіону і населених пунктів, що опинились в районі події, об'єктів господарської діяльності. Несподіваний розвиток подій веде до значного скорочення часу на підготовку рятувальних робіт і їх проведення.

Управління техногенним ризиком неможливо без інформаційної підтримки підготовки та прийняття управлінських рішень щодо попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Для управління ризиком здійснюється моніторинг стану природного середовища та об'єктів техносфери, аналіз ризику і прогнозування НС. Функціонування системи моніторингу НС ґрунтується на використанні різних підходів і методів.

Літературний огляд

Вагомий внесок у вирішення теоретичних і практичних питань попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру зробили такі науковці, як В.М. Шоботов, В.С. Сергєєв, В.А. Акімов, Г.Л. Кофф, Б.С. Мاستрюков, С.О. Гур'єв та ін. [1–8]. Але в роботах даних вчених висвітлюються переважно питання організаційного характеру, та не приділяється увага розробці методів моніторингу навколишнього природного середовища (НПС) в умовах НС техногенного характеру з точки зору теорії управління.

В роботах [9, 10] авторами розроблено типову структуру та описано можливості використання нових інформаційно-технічних методів моніторингу НПС в умовах НС техногенного характеру. Також, в роботі [11] розроблено новий інформаційно-технічний метод (ІТМ) попередження НС, пов'язаних із хімічним забрудненням атмосферного повітря на територіях потенційно-небезпечних об'єктів. Питанню розробки ефективних методів попередження НС природного та техногенного характеру, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів на сьогоднішній день в сфері цивільного захисту, на жаль, приділено мало уваги.

Метою статті є розробка ІТМ попередження техногенних та природних НС, пов'язаних із хімічним забрудненням поверхневих водних об'єктів (ПВО) в результаті скиду стічних вод від критично важливих об'єктів (КВО).

Виклад основного матеріалу дослідження

ІТМ – це метод, що дозволяє розв'язувати задану задачу шляхом виконання наступних п'яти етапів [9–11]:

1. створення фізичної моделі досліджуваного об'єкту;
2. розробка математичної моделі об'єкту дослідження;
3. розробка інформаційно-обчислювальних процедур, які дозволяють реалізувати розроблену математичну модель;
4. розробка керуючого алгоритму, який реалізує відповідні процедури;
5. розробка апаратно-програмних або технічних засобів для практичної реалізації процедур за відповідним керуючим алгоритмом.

Що стосується пунктів 1 та 2 для поставленої в статті задачі, то в роботах [12, 13] авторами розроблено фізичну та математичну моделі розповсюдження хімічних забруднюючих речовин (ЗР) в ПВО за стаціонарних та нестаціонарних умов скидів стічних вод. Тому, для розробки ІТМ попередження НС, пов'язаних із хімічним забрудненням водного середовища в результаті скидів від КВО опишемо відповідні процедури та розробимо алгоритм.

ІТМ попередження НС, пов'язаних з хімічним забрудненням ПВО на території розміщення КВО за нестаціонарних та стаціонарних умов скиду, призначений для виявлення антропогенного забруднення, створюваного залповим (миттєвим), короткочасним та неперервним скидом від КВО у ПВО (водойма-охолоджувач, сусідні річки, водосховища тощо), яке розповсюджується під дією гідрогеологічних, гідродинамічних, метеорологічних факторів, а також визначення просторових масштабів та параметрів міграції, які необхідні для

розв'язання задач попередження НС природного, техногенного характеру на досліджуваній території.

Метод передбачає виконання наступних процедур:

1. обрання досліджуваного водного об'єкту;
2. обрання досліджуваного джерела-місця скиду та ЗР;
3. задання декартової прямокутної системи координат, пов'язаної з ПВО;
4. визначення координат (x_0, y_0, z_0) джерела-місця скиду в даній системі координат;
5. визначення географічних координат джерела-місця скиду;
6. визначення тривалості скиду;
7. визначення маси скинутої домішки M ;
8. визначення швидкості V та напрямку α течії;
9. визначення коефіцієнтів турбулентної дифузії D_x, D_y та D_z ;
10. визначення параметру неконсервативності K ;
11. задання часу t для визначення розподілу концентрації;
12. визначення просторового розподілу концентрації $C(x, y, z, t)$ в досліджуваному ПВО у задані моменти часу;
13. порівняння даних моделювання з гранично допустимою концентрацією (ГДК) обраної ЗР;
14. візуалізація отриманих результатів;
15. прийняття рішень щодо регулювання станом ПВО та ризиком для здоров'я персоналу КВО і населення, яке проживає на досліджуваній території.

Керуючий алгоритм, який реалізує вищеописані процедури за нестационарних умов скидів, представлений на рис. 1. Він складається з 16 рівнів.



Рисунок 1 – Схема керуючого алгоритму за нестационарних умов скиду

На першому рівні приймається рішення про визначення динаміки розподілу концентрації ЗР в ПВО в результаті скиду в нього стічних вод КВО. В свою чергу це запускає алгоритм, і дії переходять до наступного рівня.

На другому рівні здійснюється обрання досліджуваного водного об'єкту, в який здійснюється скид ЗР. Це може бути або водоймище або річка поблизу КВО.

На третьому рівні здійснюється обрання джерела-місця скиду із переліку діючих на території КВО та ЗР із переліку речовин, які наявні у скидах КВО в результаті функціонування різних допоміжних техногенних об'єктів на промисловому майданчику.

На четвертому рівні задається декартова прямокутна система координат, яка пов'язана з водним об'єктом.

З п'ятого по одинадцятий рівень за допомогою географічних карт, відповідних приладів, довідникових даних, методик, рекомендацій, даних натурних вимірювань та обчислень визначаються відповідно координати джерела-місця скиду у введеної декартовій системі координат, географічні координати джерела-місця скиду, тривалість скиду; маса скинутої домішки, швидкість та напрямок течії, коефіцієнти турбулентної дифузії та параметр неконсервативності.

На дванадцятому рівні задається момент часу, за якого необхідно визначити просторовий розподіл концентрації обраної ЗР в об'ємі водного об'єкту. Це, в свою чергу, запускає наступний рівень.

На тринадцятому рівні на основі розроблених математичних моделей шляхом відповідних математичних обчислень здійснюється визначення просторового розподілу ЗР у визначеному водному об'єкті в заданий момент часу.

На чотирнадцятому рівні здійснюється порівняння результатів моделювання з ГДК обраної ЗР.

На п'ятнадцятому рівні здійснюється візуалізація отриманих результатів моделювання у вигляді кольорової поверхні розподілу концентрації на електронній карті досліджуваного ПВО. По зворотній лінії зв'язку знову переходимо на дванадцятий рівень, де обираємо наступний момент часу для визначення розподілу концентрації ЗР, яка розповсюджується в досліджуваному водному об'єкті в результаті залпового скиду, і знову проходимо тринадцятий, чотирнадцятий та п'ятнадцятий рівні. Так повторюється стільки разів, скільки моментів часу визначено на дванадцятому рівні. В результаті проведених операцій, буде отримано серію карт, на яких буде показано динаміку розподілу концентрації ЗР в досліджуваному водному об'єкті.

На шістнадцятому рівні на основі отриманих результатів здійснюється прийняття рішень щодо регулювання станом ПВО та ризиком для здоров'я персоналу КВО і населення, яке проживає на досліджуваній території. Рішення будуть відрізнятися в залежності від результатів порівняння концентрації ЗР з ГДК і напрямку розповсюдження забруднюючих домішок.

Також розроблено аналогічний керуючий алгоритм для стаціонарних умов скидів стічних вод. Він складається з 15 рівнів, показаних на рис. 2.

На першому рівні приймається рішення про визначення розподілу концентрації ЗР від неперервного скиду від КВО у ПВО. В свою чергу це запускає алгоритм, і дії переходять до наступного рівня.

На другому рівні здійснюється обрання досліджуваного водного об'єкту, в який здійснюється скид ЗР за стаціонарних умов. Це може бути або водоймище чи водотік.

На третьому рівні здійснюється обрання джерела-місця скиду із переліку діючих на КВО та ЗР із переліку речовин, які наявні у скидах в результаті виробничої та господарсько-побутової діяльності на техногенному об'єкті.

На четвертому рівні задається декартова прямокутна система координат, яка пов'язана з водним об'єктом.

З п'ятого по десятий рівень за допомогою географічних карт, відповідних приладів, довідникових даних, методик, рекомендацій, даних натурних вимірювань та обчислень визначаються відповідно координати джерела-місця скиду у введеної декартовій системі

координат, географічні координати джерела-місця скиду, потужність скиду ЗР, швидкість та напрямок течії, коефіцієнти турбулентної дифузії та параметр неконсервативності.

На одинадцятому рівні на основі розроблених математичних моделей шляхом відповідних математичних обчислень здійснюється визначення просторового розподілу ЗР у визначеному ПВО за стаціонарних умов скиду.

На дванадцятому рівні здійснюється порівняння результатів моделювання з ГДК обраної ЗР.

На тринадцятому рівні здійснюється візуалізація отриманих результатів моделювання у вигляді кольорової поверхні розподілу концентрації ЗР на електронній карті досліджуваного водного об'єкту.

На чотирнадцятому рівні можливі два випадки. В разі відсутності перевищення ГДК приймається рішення щодо продовження необхідного скиду за заданого режиму роботи КВО. У разі перевищення ГДК приймається рішення щодо усунення НС. Для цього на початку, шляхом розв'язання відповідного рівняння у випадку водотоку або водойми відносно M , визначають потужність, за якої при фіксованих інших параметрах, не буде перевищення ГДК [13]. Тут теж можливі два випадки.

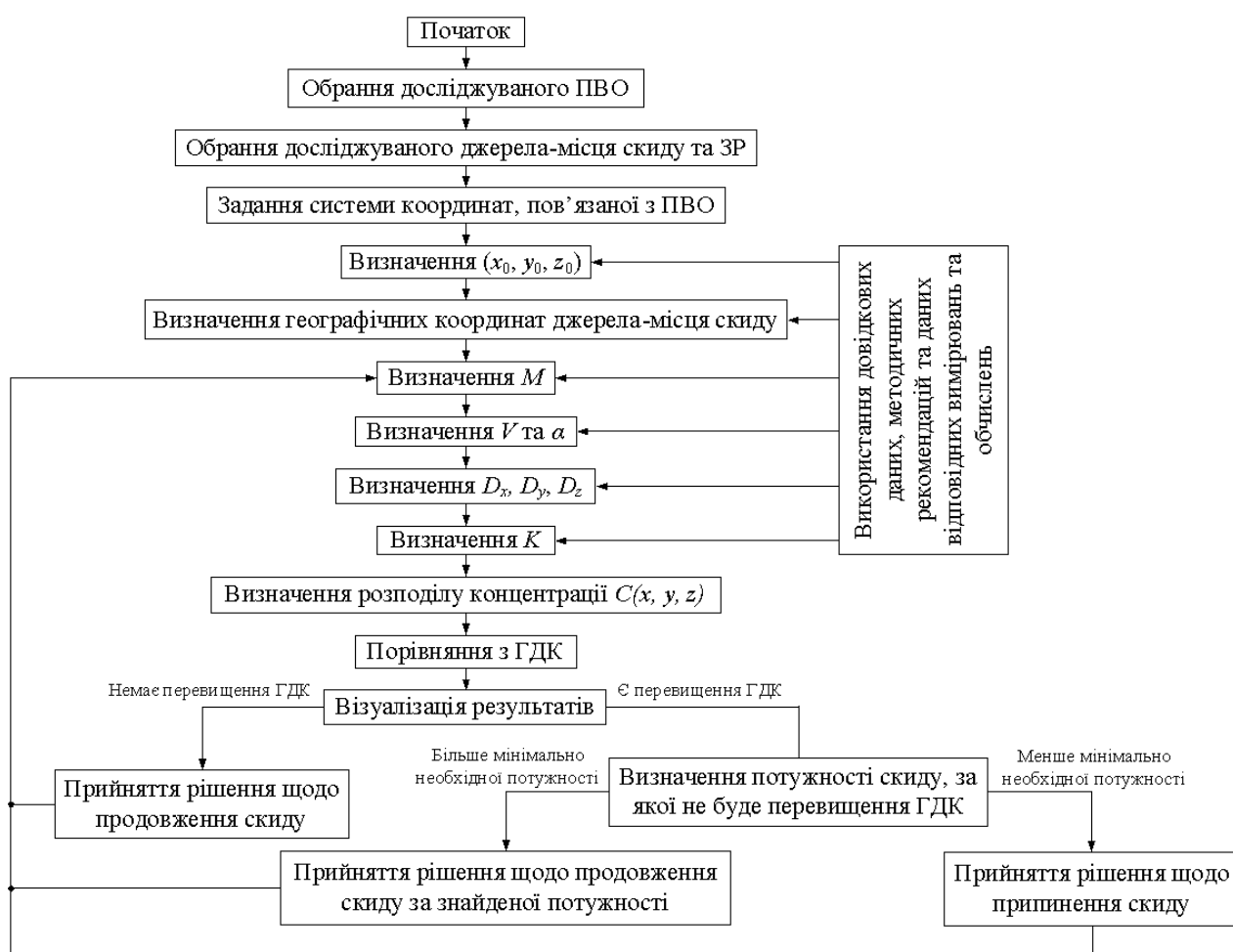
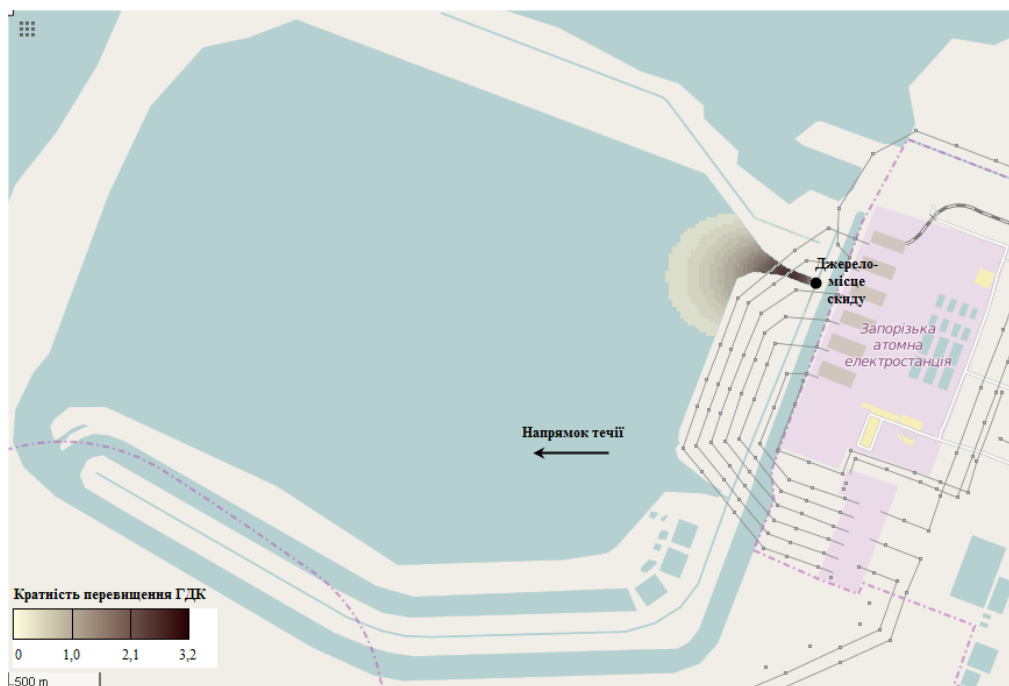


Рисунок 2 – Схема керуючого алгоритму за стаціонарних умов скиду

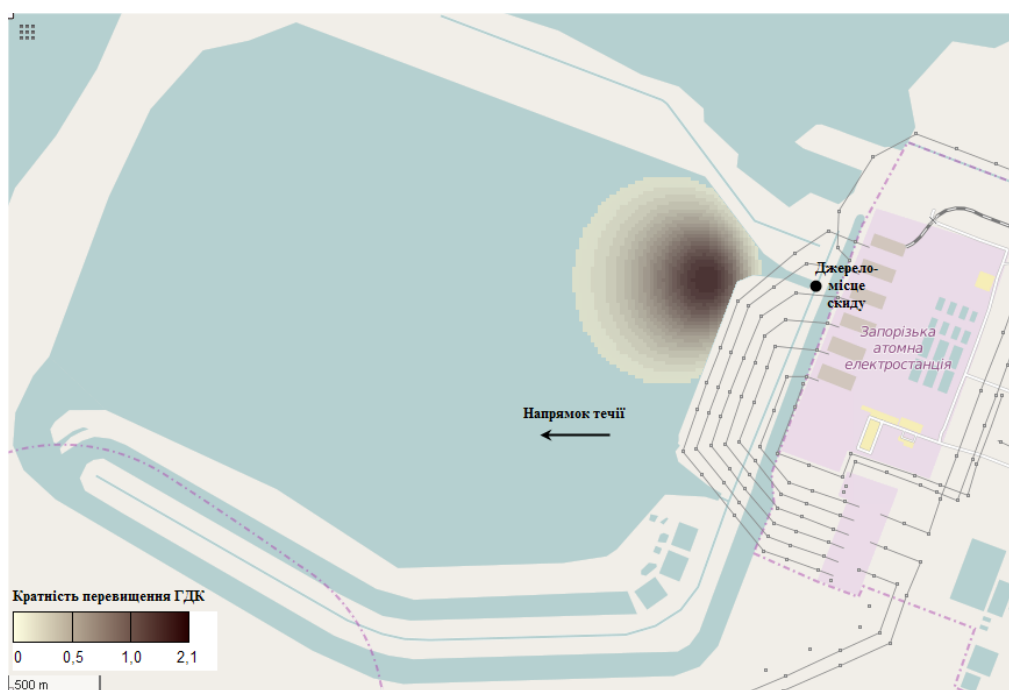
Алгоритм переходить на п'ятнадцятий рівень. Якщо знайдена потужність більше мінімально необхідної потужності скиду, за якої підприємство може виконувати свої функції, то приймається рішення на продовження скиду за знайденої потужності. Якщо ж визначена потужність менше мінімально необхідної потужності скиду, то приймається рішення щодо припинення скиду за заданих метеорологічних та гідродинамічних параметрів. Незалежно від прийнятого рішення, алгоритм знову повертається на третій рівень і проходить всі наступні етапи знову. Таким чином відбувається моніторинг території, яка прилегла до КВО, щодо впливу скидів на стан ПВО в досліджуваній зоні. Якщо після припинення скиду через деякий час гідродинамічні та метеорологічні параметри стануть сприятливими для скиду (не буде

перевищення ГДК за встановленої потужності), то приймається рішення щодо початку скиду даним підприємством.

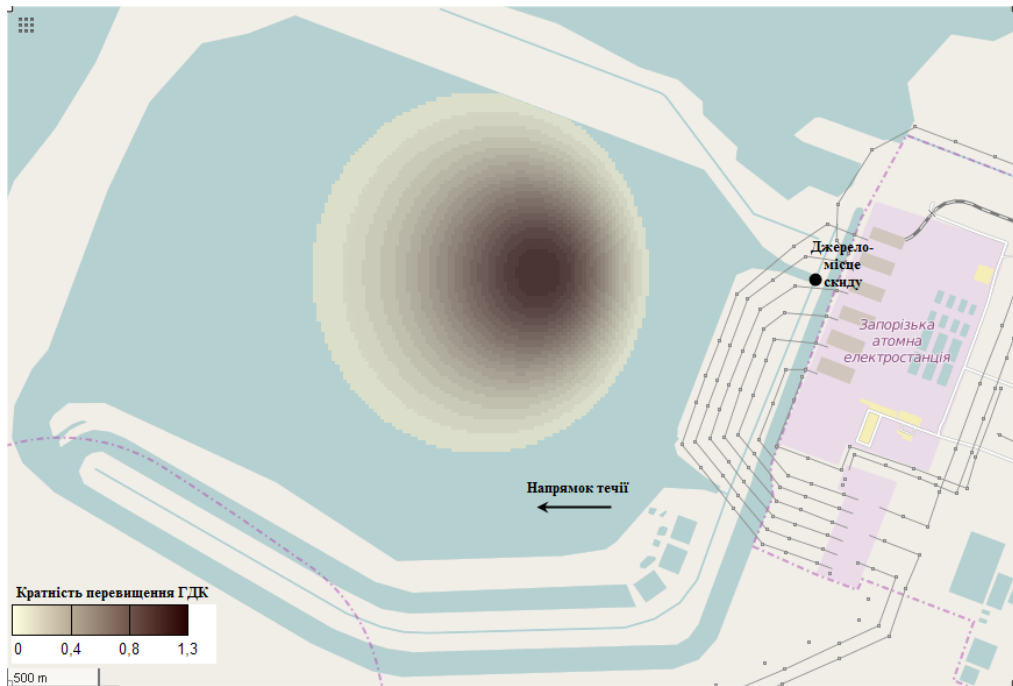
На рис. 3 показано приклад візуалізації динаміки розподілу концентрації бензину на поверхні ставка-охолоджувача Запорізької АЕС, який потрапив в даний ПВО в результаті короткочасного скиду, тривалістю 2 хв. За вхідними даними початкова концентрація бензину перевищує ГДК_{мр} у більш як 3 рази, тобто виникла НС техногенного характеру. В результаті впливу метеорологічних та гідродинамічних факторів пляма ЗР розповсюджується в напрямку течії, змішуючись з водою ставка в усіх напрямках. Розбавлення сприяє зменшенню концентрації ЗР, про що свідчать результати моделювання, зображені на рис. 3.



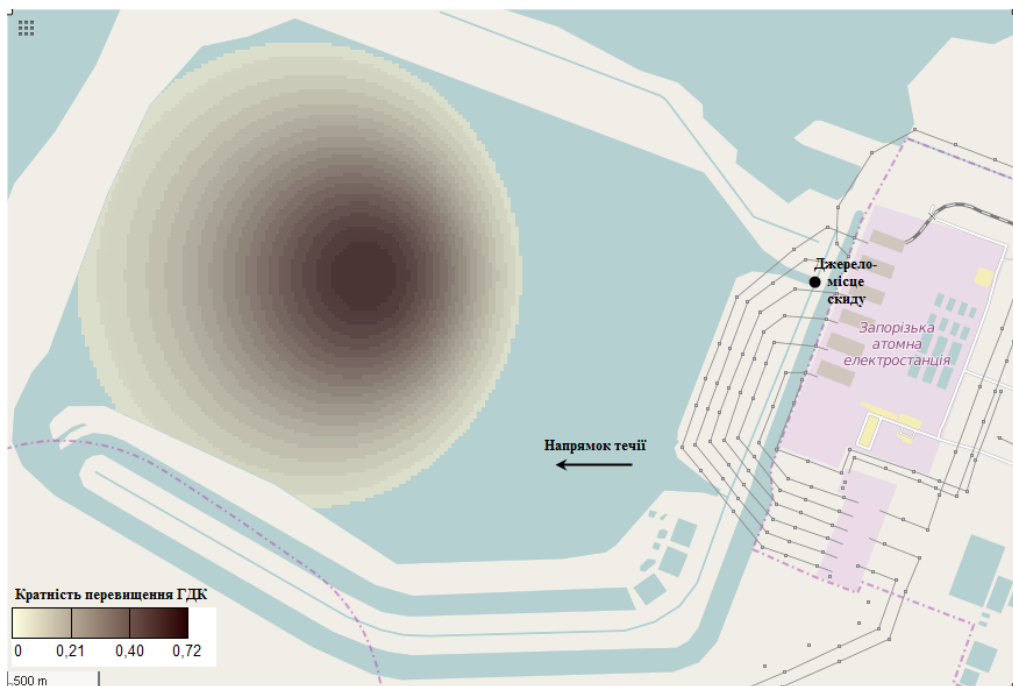
а) $t = 2$ хв



б) $t = 10$ хв



в) $t = 20$ хв



г) $t = 30$ хв

Рисунок 3 – Приклад візуалізації НС, пов'язаної із короткочасним скидом бензину у водойму-охолоджувач Запорізької АЕС

З плином 30 хв максимальна концентрація скинутої ЗР буде становити 70 % від ГДК. З часом, за рахунок впливу процесів самоочищення, концентрація даної речовини у водоймі наблизиться до фоновій. Але, якщо такі НС будуть повторюватись декілька разів, то концентрація даної ЗР у водоймі стане критичною і зменшення рівня забруднення за рахунок процесів самоочищення стане неможливим. Тоді виникне НС пов'язана із неможливістю функціонування АЕС у штатному режимі. Тому, за таких обставин необхідно швидко примати ефективні управлінські рішення щодо ліквідації НС, пов'язаної із забрудненням водойми-охолоджувача, тим самим, попередивши НС пов'язану із виведенням АЕС в аварійний режим.

На рис. 4 показано приклад візуалізації розподілу концентрації амонію сольового в результаті неперервного скиду стічних вод від Запорізької АЕС у її ставок-охолоджувач.

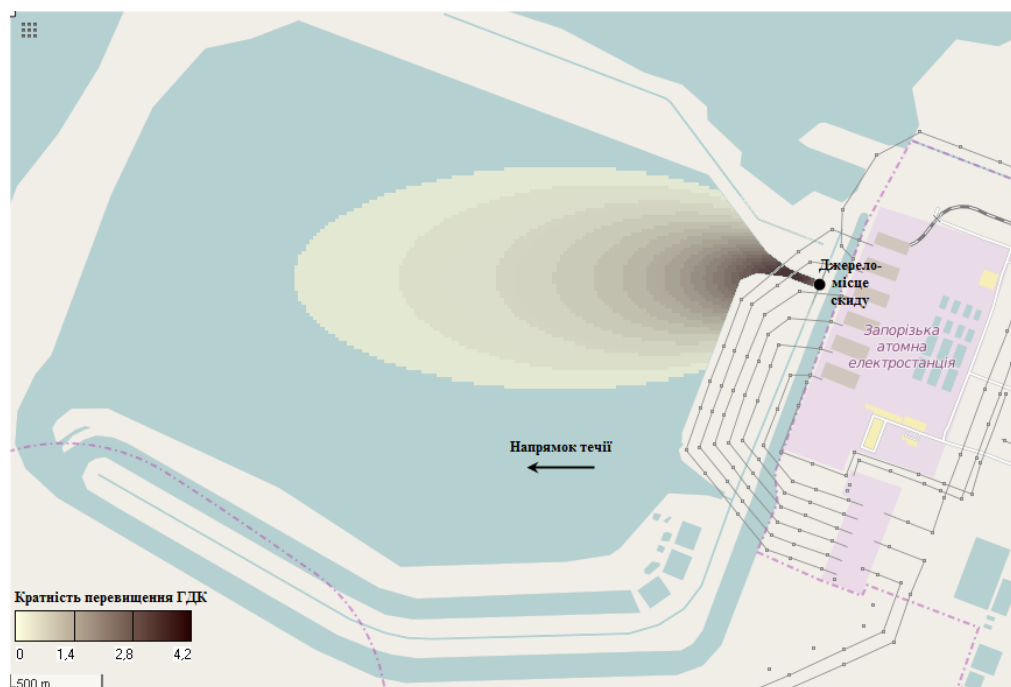


Рисунок 4 – Приклад візуалізації результатів моделювання розповсюдження ЗР у водоймі-охолоджувачі в результаті неперервного скиду амонію сольового від Запорізької АЕС

Згідно результатів моделювання за даних умов скиду, метеорологічних та гідродинамічних умов маємо НС, пов'язану із суттєвим техногенним навантаженням на даний ПВО з більш як чотириразовим перевищенням ГДК даної ЗР у воді ставка-охолоджувача. Дана НС спонукає відповідальних осіб, які працюють на даному КВО, приймати негайні управлінські рішення щодо попередження персоналу станції та населення прилеглих територій про НС, що склалась, а також зменшення або припинення скиду для забезпечення необхідного рівня екологічної безпеки на даному ПВО та зменшення ризику для здоров'я персоналу до мінімуму. Тобто мають прийматися заходи щодо усунення НС техногенного характеру, яка пов'язана з антропогенним забрудненням ПВО неперервним скидом допоміжних підприємств на території АЕС.

Для практичної реалізації описаних вище процедур за відповідними керуючими алгоритмами авторами розроблено лабораторну установку, яка представляє собою сукупність наступних апаратно-програмних засобів: підсистема управління базою даних і знань (БДіЗ), математичне забезпечення, підсистема візуалізації результатів та підсистема підтримки прийняття рішень [14–16].

До складу підсистеми управління БДіЗ входять: блок введення даних, збереження та редагування вхідних даних; БДіЗ моніторингу НПС на прилеглих до КВО територіях; блок вибірки даних.

Математичне забезпечення апаратно-програмних засобів включає блок статистичної обробки даних, блок математичного моделювання та прогнозування, блок оцінки ризиків.

В свою чергу блок статистичної обробки даних дає можливість обчислити основні статистичні характеристики вибірок, а саме: кількість записів, сума, мінімальне значення, максимальне значення, середнє значення, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, розмах варіації, коефіцієнт варіації квадратичний, коефіцієнт варіації лінійний, середнє лінійне відхилення, модальне значення (мода), медіанне значення (медіана), асиметрія, ексцес, коефіцієнт кореляції, коефіцієнт детермінації, рівняння регресії [17].

Оснoву блоку математичного моделювання та прогнозування складає розроблена математична модель розповсюдження ЗР в ПВО в результаті скидів стічних вод від КВО. Використання даного блоку дає можливість визначати рівень забруднення ПВО на

досліджуваній території за різних метеорологічних і гідродинамічних умов, параметрів скидів, а також отримати прогноз стану води при зміні інтенсивності зазначених факторів.

Функціонування блоку оцінки ризиків базується на використанні екологічних моделей оцінки ризику для здоров'я населення при хімічних забрудненнях ПВО на територіях прилеглих до КВО [18].

Модуль візуалізації дозволяє представляти результати статистичного аналізу у вигляді графіків, діаграм, математичного моделювання та прогнозування у вигляді тематичних екологічних карт розподілу забруднення та карт ризиків і збитків [19].

Останньою складовою апаратно-програмних засобів, що реалізують розроблений метод є блок генерації рекомендацій щодо прийняття управлінських рішень для забезпечення необхідного стану ПВО на досліджуваній території та мінімізації ризику для населення, що проживає в зоні техногенного навантаження від функціонування досліджуваного КВО. Його робота базується на використанні затверджених методик, рекомендацій та інших документів, в яких описано дії персоналу КВО у випадку аварійної ситуації, або НС природного, техногенного характеру, пов'язаних із хімічним забрудненням ПВО.

Висновки

Таким чином, розроблено інформаційно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, пов'язаних із хімічним забрудненням поверхневих водних об'єктів за нестаціонарних та стаціонарних умов скиду на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Основу даного методу складають 15 інформаційно-обчислювальних процедур та 2 керуючих алгоритми, які складаються відповідно з 16 та 15 рівнів для розв'язання нестаціонарної та стаціонарної задачі. Його використання дозволяє виявити антропогенне забруднення, створюване залповим, короткочасним та неперервним скидом від техногенного об'єкту у водний об'єкт, яке розповсюджується під дією гідрогеологічних, гідродинамічних, метеорологічних факторів, а також визначити просторові масштаби та параметри міграції, які необхідні для розв'язання задач попередження надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру на досліджуваній території.

Даний метод може бути впроваджений в роботу Єдиної державної системи цивільного захисту, а саме в роботу її суб'єктів, які займаються питаннями попередження надзвичайних ситуацій на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Також можливими варіантами впровадження розробленого інформаційно-технічного методу є системи, що проектуються, а саме: інформаційно-аналітична експертна система для оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище та система моніторингу небезпечних техногенних і природних процесів, прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та оцінки їх розвитку. Це, в свою чергу, значно підвищить ефективність системи цивільного захисту України та рівень національної безпеки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / Б.С. Мاستрюков. – М. : Академия, 2003. – 336 с.
2. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник / В. М. Шоботов. – вид. 2-ге, перероб. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.
3. Сергеев В.С. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / В.С. Сергеев. – М. : Академический Проект, 2004. – 429 с.
4. Акимов В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М. : ЗАО ФИД, 2001. – 344 с.
5. Кофф Г.Л. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций / Г.Л. Кофф, А.А. Гусев, Ю.Л. Воробьев. – М. : РЭФИА, 1997. – 364 с.
6. Реагування на виникнення надзвичайних ситуацій / під ред. С.О. Гур'єва. – Вінниця : ІДУСЦЗ НУЦЗУ; УНПЦ ЕМД та МК, 2010. – 412 с.

7. Федотов А.В. Анализ методов оценки и мониторинга эколого-экономических последствий чрезвычайных ситуаций / А.В. Федотов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – № 5. – С. 194–198.
8. Горюнкова А.А. Подходы и методы моделирования принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / А.А. Горюнкова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 11. – С. 267–275.
9. Popov O.O. Informational and technical methods of environmental monitoring in condition of technogenic emergency situation / M.M. Diviziniuk, O.O. Popov, V.O. Kovach, O.V. Bliashenko, K.V. Smetanin // Системи обробки інформації. – 2015. – Вип. 10(135). – С. 182–186.
10. Попов О.О. Інформаційно-технічні методи моніторингу навколишнього природного середовища в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру / М.М. Дівізінюк, О.О. Попов, В.О. Ковач, О.В. Бляшенко, К.В. Сметанін // Матеріали Четвертої Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем IPST-2015», (м. Харків, 13–16 вересня 2015 р.). – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – С. 38–39.
11. Попов О.О. Нові методи моніторингу довкілля для попередження техногенних надзвичайних ситуацій / О.О. Попов, В.О. Ковач, А.В. Яцишин, С.О. Бурлака // Техногенна безпека та цивільний захист. – 2016. – № 9. – С. 23–28.
12. Попов А.А. Разработка физической модели распространения антропогенной примеси в водной среде в результате сбросов сточных вод техногенных объектов / Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, А.А. Попов // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2011. – Вип. 19. – С. 5–9.
13. Попов О.О. Математична модель забруднення поверхневих водних об'єктів за нестационарних та стаціонарних умов скиду стічних вод АЕС / М.М. Дівізінюк, О.В. Азаренко, О.О. Попов // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2011. – Вип. 20. – С. 50–56.
14. Попов О.О. Інформаційні системи для вирішення задач комплексного радіоекологічного моніторингу АЕС / А.В. Яцишин, О.О. Попов // Моделювання та інформаційні технології. – 2014. – Вип. 72. – С. 3–16.
15. Попов О.О. Використання інформаційних технологій в задачах управління екологічною безпекою / О.О. Попов, А.В. Яцишин, В.О. Артемчук // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – Вип. 2(41). – С. 289–294.
16. Попов О.О. Комп'ютерні засоби моделювання техногенних навантажень на урбанізовані території / А.В. Яцишин, І.П. Каменева, О.О. Попов, В.О. Артемчук // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (ISDMCI'2012), (м. Євпаторія, 27–31 травня 2012 р.). – Херсон : ХНТУ, 2012. – С. 239–240.
17. Попов О.О. Використання методів математичної статистики для розв'язання задач екологічного моніторингу довкілля в зонах впливу техногенних об'єктів / О.О. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 3(15). – С. 99–103.
18. Попов О.О. Математичні моделі оцінки техногенного ризику / О.О. Попов // Электронное моделирование. 2015. – Т. 37, № 5. – С. 49–60.
19. Попов О.О. Использование картографического метода для решения задач комплексного экологического мониторинга техногенно-нагруженных территорий / О.О. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 2(14). – С. 195–198.

С.М. Малашенко
главный специалист,
«Научно-исследовательский институт
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

О.О. Смиловенко
канд. техн. наук, доцент, доцент,
Государственное учреждения образования
«Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТУШЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ПОДСЛОЙНЫМ СПОСОБОМ

Разработан способ подслойного тушения с использованием оперативной врезки в технологический трубопровод резервуара с нефтепродуктом для вертикальных стальных резервуаров объемом 500-5000 тонн, не оборудованных стационарно смонтированными пенопроводами.

Разработана математическая модель и метод имитационного компьютерного моделирования процесса движения пены при подслойном тушении резервуаров, позволяющий исследовать данный процесс с учетом реально существующего дрейфа параметров тушения и прогнозировать время тушения.

Разработана методика выбора режимных параметров тушения. Определены значения режимных параметров тушения, обеспечивающих заданные временные показатели (критерии) тушения для резервуара емкостью 2000 тонн, заполненного бензином.

Ключевые слова: резервуар, пожар, воздушно-механическая огнетушащая пена, подслойный способ тушения нефти и нефтепродуктов, время тушения

CHOICE OF RATIONAL PARAMETRES EXTINGUISHING IN THE TANKS BY SUBSURFACE METHOD

The subsurface extinguishing method using the operative cut-in integrated device in the industrial pipeline tank with oil products for vertical steel tanks with a capacity of 500-5000 tons, not equipped with fixed mounted foam wires was developed.

The mathematical model and computer simulation method of the foam motion during subsurface extinguishing of tanks, which allows to investigate this process taking into account the actually existing drift of the extinguishing parameters and to predict extinguishing time, was developed.

The method of selection of operating extinguishing parameters was developed. The values of operating extinguishing parameters, providing specified time indicators (criteria) of the extinguishing tank with a capacity of 2000 tons, filled with gasoline were defined.

Keywords: tank, fire, air and mechanical fire-extinguishing foam, subsurface extinguishing method of oil and oil products, extinguishing time, mathematical model

Введение. Тушение пожаров в резервуарах подачей пены сверху на горящую поверхность является продолжительным и затратным. При этом экономические потери растут каждую минуту за счет выгорания нефтепродукта и расхода огнетушащих средств. Задача минимизации времени тушения является актуальной как с точки зрения материальных затрат, так и с точки зрения обеспечения безопасности пожарных расчетов, участвующих в тушении. Усовершенствование и доработка уже существующей технологии подслойного тушения

пожаров сможет решить упомянутую выше задачу и сделать производственные объекты безопаснее.

Основная часть. Расчетное время тушения при реализации технологии подслоного тушения пожара в резервуаре с ЛВЖ с помощью устройства для оперативной врезки (далее – УОВИ) может быть определено суммированием времени боевого развертывания системы подслоного тушения и времени от начала подачи пены до полного покрытия ею поверхности ЛВЖ [1].

Время боевого развертывания системы подслоного тушения зависит в основном от субъективного, человеческого фактора – слаженности действий расчета, подготовленности пожарных и исправности оборудования.

Время прохождения пены через трубопровод, резервуар и по поверхности жидкости зависит от многих факторов, часть из которых является управляемыми, а часть – независимыми. Такие параметры, как интенсивность подачи пены, скорость подачи пены, ее кратность задаются настройкой насосного оборудования, концентрацией пенообразователя и являются управляемыми.

Другие, такие как давление в резервуаре, высота наполнения, температура окружающего воздуха, направление ветра, толщина слоя подтоварной жидкости, вязкость содержимого резервуара носят случайный характер.

Следует отметить, что и независимые, и ранее упомянутые управляемые параметры не являются детерминированными, а изменяются случайным образом в определенных пределах в процессе тушения пожара.

На рисунке 1 приведена структурная схема действующих факторов, причем они разделены на три группы: относящиеся к характеристикам самого резервуара и находящейся в нем жидкости; относящиеся к способу тушения, обеспечиваемые оборудованием; внешние факторы.



Рисунок 1 – Факторы, определяющие эффективность подслоного тушения

Более подробно факторы, влияющие на эффективность тушения подслоным способом, рассмотрены в работе [2]. В результате анализа данных факторов определены границы изменения параметров при тушении пожара в резервуаре подслоным способом с помощью устройства оперативной врезки (таблица 1).

Таблица 1 – Границы изменений параметров при тушении пожара в резервуаре подслоным способом с помощью устройства оперативной врезки

№ п/п	Параметр	Обозначение, единицы	Границы изменений
1.	Плотность пены	ρ_f , кг/м ³	0,2...0,5
2.	Толщина слоя пены	h , м	0,03...0,08
3.	Коэффициент разрушения пены	a	0,03...0,049
4.	Расход раствора	Q , л/с	12,0...22,0
5.	Скорость растекания	V_p , мм/с	100...200
6.	Плотность нефтепродукта	ρ_n , кг/м ³	0,76...0,82
7.	Гидравлическое сопротивление	C_x	1,2...1,5
8.	Диаметр пузыря	D , мм	50...100
9.	Высота нефтепродукта	H , м	11,0...11,5

Однако, при выполнении расчетов на базе детерминированных моделей реально существующее явление разброса параметров не принимается во внимание. Это приводит к несоответствию расчетных и фактических выходных показателей процесса. Более эффективно решать такие задачи позволяют вероятностные методы расчета. Для этого построено девятимерное пространство параметров, учитывающее возможное изменение параметров при тушении [3-5].

Анализ значений критериев показывает, что время прохождения пены по трубопроводу изменяется в диапазоне от 0,57 до 2,55 секунды, что составляет 1-3 % от суммарного времени движения пены и весь полученный ряд значений данного критерия является допустимым для принятой при расчете длины трубопровода.

При увеличении расстояния от врезки до резервуара это время будет увеличиваться, достигая, в среднем, 5-8 секунд при врезке на расстоянии до 50 метров от резервуара. Такая ситуация может сложиться при невозможности нормативного (сразу за обвалованием) расположения врезки, например, при позднем обнаружении пожара, совпадении направления ветра с направлением технологического трубопровода либо при частичном обрушении резервуара.

Расчетное время подъема пены в резервуаре составило 5,7... 25,0 секунд. При расчете было учтено изменение плотности нефтепродукта, изменение диаметра струи пены при подъеме в резервуаре, изменение кратности пены и расхода раствора через пеногенератор. При натурном эксперименте на резервуаре РВС-2000, расположенном на территории ОАО «Нафтан», проведена апробация подслоного способа тушения с помощью устройства оперативной врезки и получено суммарное значение времени, включающее в себя время прохождения пены через трубопровод и время подъема пены в резервуаре. При выполнении эксперимента на резервуаре невозможно отделить время нахождения пены в трубопроводе. Суммарное среднее время (по данным эксперимента) составляет около 30 секунд, что соответствует значению, полученному при моделировании.

При изменении температуры окружающего воздуха изменяется плотность и вязкость нефтепродукта. Это изменение, судя по аналитическим формулам, описывающим движение пены на различных этапах, может повлиять на скорость подъема пены, а, следовательно, и на время подъема пены в резервуаре. Однако, диапазон изменения плотности топлива, введенный в модель, полностью охватывает значения плотности бензина при температурах от -40 °С до +40 °С. В работах, посвященных исследованию свойств нефтепродуктов и в нормативных документах на их производство, плотности бензинов, дизельных топлив, керосинов и т.д. не

приводятся в детерминированных значениях для каждой марки, а указан диапазон, в котором допустимо изменение плотности [6]. При моделировании не выявлено существенного влияния данного параметра на временные критерии.

Далее был определен диапазон изменения критерия «время растекания пены по поверхности нефтепродукта». Изменяемые параметры: расход огнетушащего средства, кратность пены, коэффициент гидросопротивления и др. При моделировании получены следующие значения критерия 9,7...239,0 секунд. Максимальное время растекания получено при самом неблагоприятном сочетании параметров тушения. Полученные значения критериев сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Разброс значений критериев

№ п/п	Критерий	Минимальное значение, с	Максимальное значение, с
1.	Время движения пены по трубопроводу	0,57	2,55
2.	Время подъема пены в резервуаре	5,7	25,0
3.	Время растекания пены по поверхности нефтепродукта	9,7	239,0

Чтобы обеспечить наибольшую эффективность тушения необходимо минимизировать время. Это сделано путем введения ограничений на критерии и решения обратной задачи (определения оптимальных параметров) в ограниченном пространстве критериев.

На критерии наложены следующие ограничения (таблица 3):

- в 10 % -ном диапазоне от минимальных значений критериев;
- в 25 % -ном диапазоне от минимальных значений критериев;
- в 50 % -ном диапазоне от минимальных значений критериев.

Таблица 3 – Ограничения на критерии

№ п/п	Критерий	10 % -ный диапазон	25 % -ный диапазон	50 % -ный диапазон
1.	Время движения пены по трубопроводу	0,57...0,77	0,57...1,07	0,57...1,56
2.	Время подъема пены в резервуаре	5,7...7,63	5,7...10,52	5,7...15,35
3.	Время растекания пены по поверхности нефтепродукта	9,7...32,63	9,7...67,03	9,7...124,35

Анализ результатов моделирования в приведенных диапазонах критериев показывает, что первый (10 %-ный) и второй (25 %-ный) диапазоны не имеют практического значения, так как суммарное время тушения от 15,97 до 78,62 секунды может быть достигнуто при неоправданно большом расходе огнетушащего средства, высокой интенсивности подачи пены и пенном слое на поверхности нефтепродукта от 100 миллиметров. Наиболее рациональным является третий диапазон. Однако, в него были внесены коррективы, продиктованные следующими соображениями. Влияние времени прохождения пены через технологический трубопровод до резервуара при штатном расстоянии врезки по сравнению с другими критериями незначительно и диапазон изменения этого критерия до 1 секунды допустим. Процесс подъема пены в резервуаре наименее изучен, однако рассчитанное по предложенной математической модели время оказалось близким к экспериментальному (около 25 секунд). Для уменьшения общего времени тушения примем в качестве допустимого время подъема пены до 20 секунд.

Заключение. Таким образом, определяем параметры подслоного тушения при следующих ограничениях на критерии:

- время движения пены в трубопроводе – до 1 секунды;
- время подъема пены в резервуаре – до 20 секунд;
- время растекания пены по поверхности – до 35 секунд.

При моделировании в ограниченном пространстве критериев установлено, что необходимо поддерживать значения управляемых параметров следующими:

- плотность пены – $237,8 \text{ кг/м}^3$, то есть кратность 4,2 (допустимый разброс 3,7...4,6);
- расход пены 20,18 л/с (допустимый разброс 18,5... 21,3 л/с);
- оптимальная толщина слоя пены на поверхности нефтепродукта для тушения 54 мм (допустимый разброс 41... 62 мм).

Данные значения управляемых параметров обеспечивают заданное время тушения с вероятностью 99,9 % при учете разброса остальных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малашенко, С.М. Математическая модель движения пены при подслоном тушении нефтепродуктов / С.М. Малашенко [и др.] // Сборник трудов XII МНТК «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации». – 2015. – Курск, Россия. – С. 27–31.

2. Факторы, определяющие эффективность тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах подслоным способом / Малашенко С.М., Смиловенко О.О. // «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» – 2015. – № 1 (37). – С. 126–133.

3. Малашенко, С.М. Имитационное моделирование процесса движения пены при подслоном тушении / С.М. Малашенко // Вестник Командно-инженерного института. – 2016. – № 1 (23). – С. 85-91.

4. Smilovenko Olga, Zhilinsky Oleg, Skorynin Yury Estimation method for quality of functioning and reliability of technical systems on basic LP τ -sequences // RELCOMEX'89 / Technical University of Wroclaw, Poland.- 1989. – P. 169-174.

5. Смиловенко О.О., Скорынин Ю.В., Джокич В. Выбор параметров трибомеханической системы, имеющей несколько критериев работоспособности // YUTRIB'91: Сб. науч. тр. междунар. конф. (Крагуевац, СФРЮ, 1991 г.).- Крагуевац, 1991.- С. 124-130.

6. Гуреев, А.А. Применение автомобильных бензинов / А.А. Гуреев. – М.: Химия, 1972. – 368 с.

В.В. Кобяк
канд.техн.наук

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АБРАЗИОННЫХ РИСК-ПРОЦЕССОВ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Изменение гидрологических условий на водохранилищах вызывает развитие различных процессов: зон подтопления, заболачивание территории, изменения растительного мира в прибрежной зоне и т.д. Наиболее опасным является переформирование береговой линии (абразионные риск-процессы). В работе предложен прогноз абразионных риск-процессов береговых склонов на основе метода природных аналогов, построенный на использовании критериев подобия и берегоформирующих условий: морфологического, геологического и гидрологического сходства между объектом аналогом и прогнозируемым водоемом.

Ключевые слова: абразионные риск-процессы, переработка берегов, метод природных аналогов, водохранилища

PREDICTION ABRASION RISK-PROTSSESS ON RESERVOIRS OF REPUBLIC OF BELARUS

The hydrological conditions changing at existing reservoirs affects different processes development: marginal erosion, water logging zones, offshore strip vegetable kingdom changing, etc. The bank line reformation is one of the most dangerous (abrasion risk-protsess). The marginal abrasion risk-protsess prognosis based on the natural analogue method with similarity criteria usage is offered in the paper. Morphological, geological and hydrological similarities between the analogue object and predicted object are taken into account.

Keywords: abrasion risk-protsess, deformation of the coastal slopes, method of natural analogues, storage reservoir

Изучению и прогнозам переработки незакрепленных береговых склонов водохранилищ посвящено большое количество работ. В настоящее время существует более 60 разнообразных методов прогноза: вероятностно-статистические, энергетические, графоаналитические, смешенные и т.д. (Саваренский Ф.П., Качугин Е.Г., Кондратьев Н.Е., Розовский Л.Б., Пышкин Б.А., Левкевич, Е.М, Левкевич В.Е. и т.д.).

Каждый из методов базируется на результатах натурных, полевых и лабораторных исследований, математических и статистических расчетных данных. При этом установлено, что любой метод имеет свои особенности, специфику и свойства, однако результат прогноза переработки у всех осуществляется на строго определенный заданный срок. Анализ оценки сходимости прогнозных расчетов, выполненных по различным методам показал их

удовлетворительную оправдываемость исключительно для условий крупных, а не малых равнинных водохранилищ [1].

При своей относительно небольшой территориальной площади в Республике Беларусь водохранилища занимают более 750 км.², при этом на долю водохранилищ созданных на базе озер приходится около 280 км.², которые возводились в бассейне Западной Двины в 50-60 годы 20-го столетия и использовались в целях энергетики [2-4]. При всех положительных моментах при создании водохранилищ наблюдаются и отрицательные моменты, такие как переработка береговой линии, затопление и заболачивание близлежащей территории, активизация эрозионных процессов и многое другое, что приносит значительный финансовый и материальный ущерб экономике страны. В Беларуси процессам абразии подвержено более 320 км береговой линии водоемов, при ее общей длине 1200 км, которые нуждаются в проведении защитных и восстановительных мероприятий. Последними исследованиями установлено, что в настоящее время происходит активное разрушение береговых склонов более чем на 80 % водных объектов. Общая площадь земель, теряемых в результате развития и протекания абразионных процессов составляет приблизительно 400 гектаров. При этом на долю пахотных земель приходится 2/3 от указанной площади, а остальная часть на лесные угодья. Прямой материальный ущерб от потери урожая зерновых культур составляет более 15 тысяч долларов США в год.

Для решения энергетических нужд на базе озер были возведены гидроэлектростанции, с последующим изменением гидрологических условий. Таких объектов было создано более 15 единиц [3,4]. Процесс изменения гидрологических условий: течений, амплитуды колебания уровней в верхнем бьефе водохранилищ – сопровождался «регенерацией» абразионных риск-процессов, что вызывало значительные разрушения береговых склонов и отступления береговой линии вглубь материка. Так в результате введения в эксплуатацию в 1958 г. гидроэлектростанции на Лепельском озере, произошло резкое поднятие уровня воды более чем на 3,5 м, что повлекло за собой активизацию абразионных процессов. За период эксплуатации данного водохранилища линейная переработка составила около 25 м при высоте коренного берега от 2 до 5 м. Процессы переработки наблюдались в южной, юго-восточной и северо-восточной частях, на что указывают материалы профилирования береговых склонов. Интенсивная переработка берегов вызвала необходимость переноса ряда зданий и сооружений, а также потерь лесного фонда и сельскохозяйственных угодий н.п. Лепель, находящихся в зоне их влияния.

Нарушение режима эксплуатации гидротехнических сооружений в результате отсутствия контроля по организации регулирования пропуска воды на Краснослободском водохранилище привело к резкому поднятию уровня воды (в течение одного сезона) выше проектных отметок (НПУ), что вызвало разрушение берега с величиной линейной переработки более чем 3,5 м (рисунок 1). Протяженность участков размыва в плане составила более 450 м с высотой обрыва 1...1,5 м.

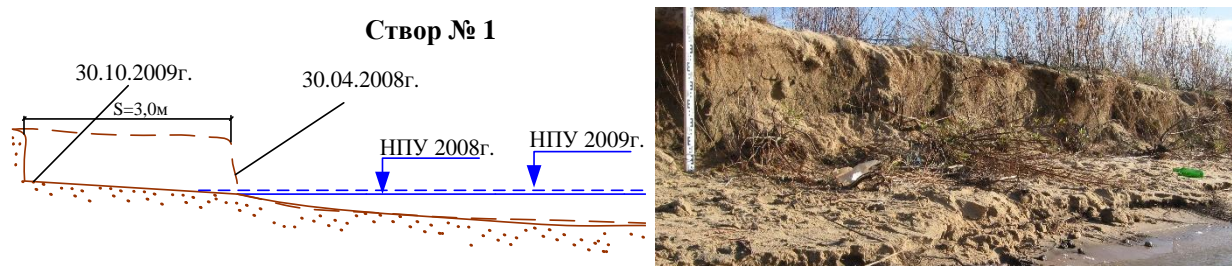


Рисунок 1 – Створ № 1 Краснослободского водохранилища

Строительство и введение в 1976 г. в эксплуатацию Вилейско-Минской водной системы для переброски части стока из р. Вилия в р. Свислочь привело к тому, что на некоторых существующих водохранилищах (Осиповичское, Заславское, Дрозды и т. д.), расположенных в каскаде, изменились режим эксплуатации и, соответственно, уровень режим. Это вызвало вторичное развитие абразионных риск-процессов берегов, при этом ее величина в среднем составила более 2,5 м (рисунок 2).

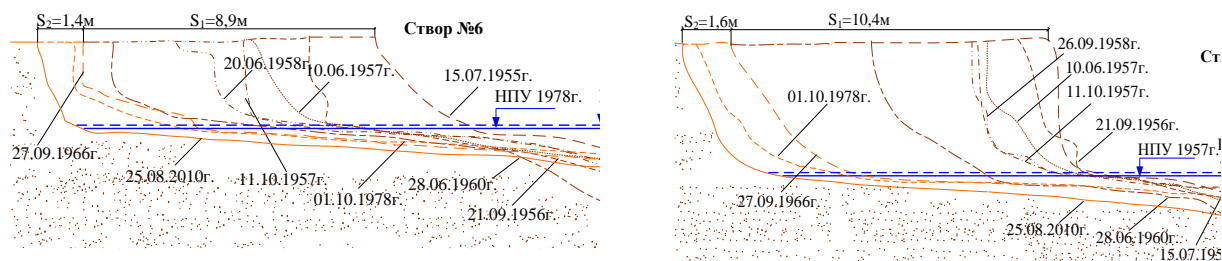


Рисунок 2 – Створ № 6 и № 7 Осиповичского водохранилища

Осиповичское водохранилище, которое по характеру регулирования относилось к группе водоемов недельно-суточного, перешло к сезонному, что привело к увеличению обеспеченности активных уровней почти до 90 % и переходу по уровенному режиму в верхнем бьефе из первой группы водоемов (более 0,5 м) во вторую (0,1...0,5 м) (рисунок 3).

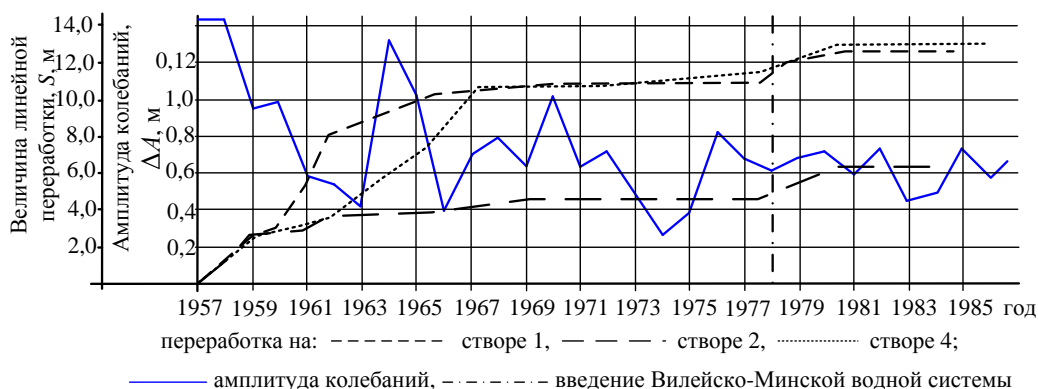


Рисунок 3 – Влияние трансформации гидрологического режима на переработку берегов Осиповичского водохранилища

Целесообразность изучения и определения, основных берегоформирующих факторов и условий, приводящие к переработке береговых склонов озер и водохранилищ, позволило установить ряд закономерностей – критериев, являющихся основой для прогнозирования динамики и масштабов абразионных риск-процессов.

Анализ фондовых материалов, проведенные стационарные и полевые исследования на тестовых водоемах в безледный период позволили определить доминирующие (гидрологические, геологические, морфологические) факторы и условия, влияющие на интенсивность протекания абразионных риск-процессов в условиях Беларуси.

При этом анализ производился с использованием коррелятивных соотношений и определения коэффициента корреляции. Результаты расчетов показали, что характеристика переработки береговой линии, хорошо взаимодействуют со следующими факторами и

условиями: коэффициентом неоднородности грунта, амплитудой колебаний, высотой берега, средним диаметром частиц грунта, разгоном и высотой волны, глубиной на внешнем краю отмели. Расчеты коэффициентов корреляции и тесноты связей между факторами-условиями и параметрами разрушаемого склона производились с помощью стандартного программного обеспечения. Данные расчеты производились для различных типов водохранилищ (русловые, озерные, наливные). Коэффициенты корреляции линейной и объемной переработки в зависимости от берегоформирующих факторов лежали в граничных условиях.

Полученные значения подтвердили справедливость выбора доминирующих факторов и условий, от которых зависит устойчивое состояние береговых склонов водоемов различного происхождения, что является принципиально важным при утверждении гипотезы о подобии протекании береговых процессов, как в условиях озер (озер-водохранилищ), так и водохранилищ руслового типа.

На основании берегоформирующих факторов и условий для прогнозирования абразионных риск-процессов методом природных аналогов (далее – МПА) был разработан комплексный критерий гидролого-геоморфологического подобия (ККГТП).

Предложены МПА и алгоритм прогнозирования переработки береговых склонов с использованием ККГТП, который выполняется в строго последовательных действиях, поэтапно сменяющих друг друга (рисунок 4).

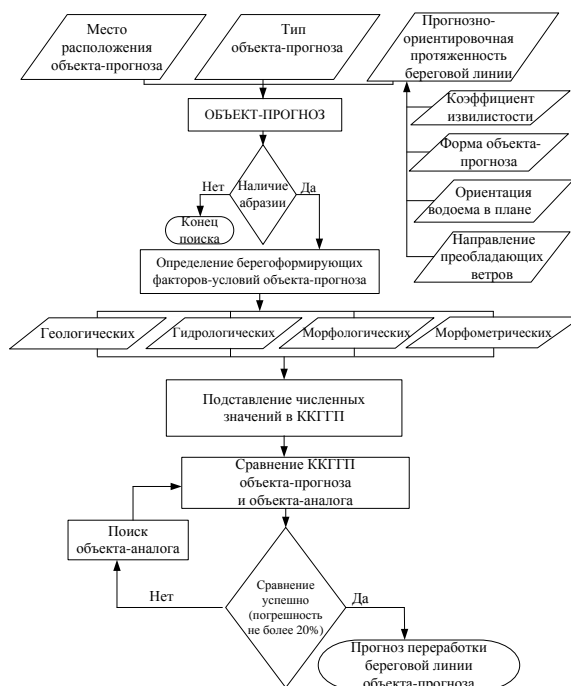


Рисунок 4 – Алгоритм прогноза абразионных риск-процессов МПА

1. Оценка расположения объекта-аналога и объекта-прогноза.

При составлении алгоритма прогноза абразионных риск-процессов МПА первоначальным является определение прогнозно-ориентировочной протяженности береговой линии, подверженной процессам абразии, на основе следующих данных:

а) месторасположение водоема;

б) коэффициент извилистости береговой линии объекта-прогноза;

- в) ориентация водоема в плане;
- г) преобладающее направление ветров;
- д) форма объекта-прогноза.

2. Установление наличия или отсутствия переработки береговых склонов на объекте-прогнозе.

3. При наличии абразии производится учет гидрометеорологических факторов и условий для прогноза: определение параметров урванного режима (обеспеченности «активных» уровней) и повторяемости ветров преобладающего направления.

Оценка морфометрических, гидрологических характеристик и геоморфологических показателей берегового склона объекта-прогноза. Для характеристик ветро-волнового режима при прогнозе переработки МПА определяются длина разгона волны (D_p), средняя глубина водохранилища по длине разгона ($\overline{h_d}$), высота волны 1%-й обеспеченности в режиме ($h_{1\%}$). К морфологическим характеристикам берегового склона относят его высоту ($H_{ск}$), ширину подводной части отмели ($B_{п}$) и глубину на внешнем краю отмели ($H_{п}$). Геологическое строение разрушаемого берегового склона характеризуется коэффициентом неоднородности (η) и средневзвешенным диаметром (d_{50}).

4. Подставление полученных численных значений в ККГТП (безразмерный показатель).

5. Сравнение ККГТП.

Условие подобия при прогнозировании переработки береговых склонов МПА между объектом-аналогом и объектом-прогноза записывается в следующем виде:

$$F_A (x_1^a, x_2^a, x_3^a, x_4^a, x_5^a, x_6^a, x_7^a, x_8^a, x_9^a, x_{10}^a) \in F_{\Pi} (x_1^n, x_2^n, x_3^n, x_4^n, x_5^n, x_6^n, x_7^n, x_8^n, x_9^n, x_{10}^n), \quad (1)$$

где x_i – характеристики, формирующие переработку берегового склона, а их сочетания являются критериями подобия (морфометрические, гидрологические, геоморфологические); а – индекс объекта-аналога; н – индекс объекта-прогноза.

Полученные численные значения ККГТП объекта-прогноза сравниваются с имеющимися значениями объекта-аналога. В случае выполнения необходимых условий по формуле (2) определяются возможные масштабы переработки берегового склона, а также ущербы, способы защиты и т. д.

$$q = \frac{\sum F_{A_i}^{кр} - \sum F_{\Pi_i}^{кр}}{\sum F_{A_i}^{кр}} \geq 20 \% . \quad (2)$$

При невыполнении данных требований следует заново провести поиск объекта-аналога с последующим определением требуемых характеристик и условий, необходимых для прогнозирования абразионных риск-процессов берегов МПА.

В таблице представлены необходимые граничные условия для прогнозирования абразионных процессов береговых склонов для участков береговой линии.

Таблица – Необходимые условия для соблюдения подобия при применении МПА для участков береговой линии

Тип водоема	Значение критериев подобия, входящие в ККГГП										Линейная переработка а, м, S_t	
	Морфометрические		Гидрологические				Геоморфологические					
	M_{KH}	M'_{KH}	M_{KA}	M'_{KA}	M_{KG}	M'_{KG}	M_{Kd}	M_{KB}	M_{Kc}	M'_{KB}		
Русловое	1	433÷761	–	$(0,56÷3,46) \cdot 10^{-3}$	$0,49÷0,62$	$0,61÷1,28$	–	$(3,91÷1140) \cdot 10^3$	$3,46÷16,7$	$0,16÷14,24$	–	3,3÷10,9
	2	761	–	$(0,26÷0,57) \cdot 10^{-3}$	$0,84÷1,37$	$0,32÷0,75$	–	$(4,6÷1340) \cdot 10^4$	$10,8÷22,5$	$0,16÷13,03$	–	1,3÷3,3
Озерное		$163,7÷428$	$107,7÷282$	$(2,5÷3,5) \cdot 10^{-4}$	$0,86÷1,27$	$0,9÷1,35$	$0,17÷0,18$	$(1,88÷216,5) \cdot 10^4$	$3,7÷10$	$1,1÷55,6$	$0,5÷1,36$	7,3÷23,3

Примечание – 1 – до изменения гидрологических условий; 2 – после изменения гидрологических условий.

Данные значения должны быть одинаковыми, (расхождение не более 20%), что обеспечит наибольшую достоверность прогноза. В дальнейшем данный комплекс будет уточняться, и детализироваться по мере накопления и обработки новых материалов, полученных по результатам многолетних натуральных наблюдений и рекогносцировочных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левкевич В.Е. Переработка берегов малых равнинных водохранилищ мелиоративных систем, её прогноз и управления (на примере Белорусской ССР). дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / В.Е. Левкевич. Минск: 1986. С. 135.
2. Широков В.М. Водоохранилища Белоруссии: Справочник. Минск: Университетское, 1992. С. 80.
3. Власов Б.П. Озера Беларуси: Справочник. Минск: БГУ, 2004. С. 184.
4. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменение и прогноз. Мн.: БГУ, 2004. С. 205.

А.Н. Скрипко

Л.В. Мисун
д.т.н., профессор

В.В. Кобяк
канд.техн.наук

ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА МОЛНИЕЗАЩИТЫ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ГРОЗОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ЗДАНИЯ

Несмотря на принимаемые меры, не снижается количество пожаров от грозových проявлений в зданиях, ухудшаются условия производственной безопасности, увеличиваются масштабы последствий от ударов молнии. В работе приводится обоснование оптимальных характеристик технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений с разработкой образцов молниеотводов. Предложены рекомендации, в основе которых содержатся методы определения зон защиты молниеотводов с учетом опыта их эксплуатации.

Ключевые слова: *грозовые проявления, удар молнии, молниезащита, здания, сооружения, пожар, производственная безопасность*

THE STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF LIGHTNING PROTECTION WITH THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS AND RECOMMENDATIONS TO REDUCE THE IMPACT OF LIGHTNING ON BUILDINGS MANIFESTATIONS

Despite the measures taken, does not decrease the number of fires from lightning manifestations in buildings, deteriorating conditions of occupational safety, increase the magnitude of the impact from lightning strikes. The paper presents a study of the optimal characteristics of technical means of protection against direct lightning strikes of buildings and structures with the design of lightning rods. The proposed recommendations, which contain methods of determining zones of protection of lightning rods based on the experience of their operation.

Keywords: *existence of lightning, lightning, lightning protection, buildings, structures, fire, safety*

В Республике Беларусь грозовые проявления относятся к опасным метеорологическим явлениям. Ежегодно в стране в грозовой сезон происходит в среднем до 8 пожаров в день. Более 90% пожаров в зданиях и сооружениях вызвано прямым ударом молнии. Основными причинами пожароопасной обстановки, вызванной грозовыми проявлениями, являются

использование не эффективных мер молниезащиты (стержневых молниеотводов); отсутствие учета опыта её эксплуатации, в том числе отрицательного; пассивная позиция субъектов хозяйствования к поддержанию средств защиты от грозových разрядов в надлежащем состоянии. Отсутствие научно-обоснованных норм, необходимых для проведения экспертизы, создает ряд трудностей при определении эффективности молниезащиты зданий и подводит к целесообразности разработки конкретных действенных мер и средств в области пожарной безопасности и охраны труда, регламентирующих исключительно вопросы молниезащиты.

Теоретические основы молниезащиты были внедрены в практику в середине прошлого столетия по результатам трудов А. Акопяна, И.С. Стекольников, Э.М. Базеляна [1-3]. Вопросами безопасности работников и защиты производственных объектов от воздействия грозových проявлений в разное время занимались также Ю.П. Райдер, Н.М. Ермолаев, Л.В. Загоровский, В.П. Ларионов, И.М. Мишкин, Р.Н. Карякин, В.М. Куприенко и др. [3-8]. Следует отметить, что объектом их исследований было поведение лидера молнии относительно молниеотвода. При этом не рассматривалась взаимозависимость в системе «молниеотвод – производственная среда – объект защиты» с учетом особенностей объекта защиты, конструктивных особенностей средства защиты. В республике до настоящего времени не проводилось обобщения опыта поражениями молниями объектов с целью установления факторов, отрицательно влияющих на защитные параметры молниезащиты; отсутствует опыт внедрения рациональных технических решений по молниезащите в нормативно-техническую базу республики.

Анализ условий эксплуатации свидетельствует, что более половины объектов эксплуатируются с нарушением требований молниезащиты. В 63% случаев к ним относился конструктивный недостаток, в 37% – организационные нарушения, связанные с низкой организацией производственной безопасности и охраны труда. Более половины нарушений молниезащиты связаны с отклонением от оси защиты и падением стержневых молниеотводов.

На фоне анализа нарушений в области молниезащиты, приводящих к пожарам, исследования по совершенствованию характеристик молниезащиты зданий в республике стали актуальными. Целью их проведения послужило снижение влияния грозových проявлений на здания, в том числе путем обоснования оптимальных технических средств защиты от прямых ударов молнии с разработкой образца молниеотвода и рекомендаций по молниезащите зданий. Работа выполнялась в соответствии с важными практическими задачами, связанными с повышением производственной безопасности и снижением количества пожаров от ударов молнии [9].

Обзор ранее проводимых исследований и патентных баз позволил установить, что ежегодной статистике нарушений в области молниезащиты способствует недостаток внедрения рациональных технических решений по защите зданий от прямых ударов молнии, применении неэффективных способов молниезащиты. Вместе с этим в республике до настоящего времени не проводилось обобщения опыта наблюдения за поражениями молниями объектов с целью установления факторов, отрицательно влияющих на защитные параметры молниезащиты, уточнения и совершенствования этих параметров.

Анализ статистических данных о пожарах, собственный опыт позволили сделать вывод, что безопасное функционирование здания во время грозových проявлений зависит от большого количества факторов различной природы. Для проведения исследований по обоснованию наиболее существенных факторов, влияющих на устойчивость здания к возникновению пожаров от ударов молнии, обеспечению требований производственной безопасности обслуживающего персонала использовался отсеивающий эксперимент на основе плана Плакетта-Бермана [10]. Путем проведения отсеивающих экспериментов было определено, что

конструкция молниеотвода в верхней его точке должна иметь сечение не менее 50 мм². Защита зданий и сооружений, как правило, должна выполняться отдельно стоящими молниеотводами. Конструктивное исполнение молниеотвода должно предусматривать меры, исключая падения и отклонения мачты молниеотвода от установленной проектом оси защиты.

По результатам теоретических исследований необходимо отметить, что объем зоны защиты, образованной молниеотводом, должен иметь избыточную величину по отношению к объему объекта защиты. При этом высота молниеотвода над защищаемой поверхностью (м) должна определяться из выражения 1:

$$H_m = \frac{2\sqrt{2,36} \cdot Ho.z \cdot \cos \beta - 1,5104 \cdot Ho.z}{2(1 - \sqrt{2,36} \cdot \cos \beta)}, \quad (1)$$

где $Ho.z$ – высота объекта защиты, м;

$Lo.z$ – длина (ширина) объекта защиты, м.

При заданной высоте объекта защиты ($Ho.z$), определяемой по формуле 1, высоте молниеотвода (H_m) и постоянной величине угла $\beta = 53$ Град. по рисунку 1 определяется высота над защищаемой поверхностью (H_e), необходимая для построения зоны защиты по требованиям [11-12].

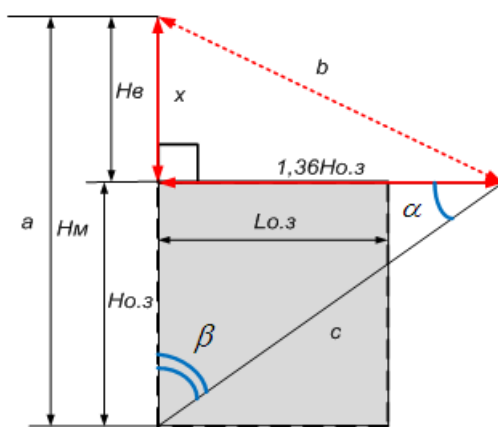


Рисунок 1 – Графическое выражение высоты над защищаемой поверхностью

$Ho.z$ – высота объекта защиты, м; H_e – высота молниеотвода над защищаемой поверхностью объекта защиты, м; H_m – высота молниеотвода, установленная проектом, м; $\beta=90$; α – угол защиты, образованный высотой молниеотвода и наклонной линией, между крайними точкам зоны защиты молниеотвода, Град; $\alpha = \arctg 0,74$.

Что касается заземлителя как элемента «производственная среда», следует отметить, что параметры его конфигурации должны обеспечивать безопасные условия растеканию тока молнии в земле, которые зависят непосредственно от его конструкции, материала заземлителя и электротехнических характеристик грунта.

Результатами отсеивающих экспериментов установлено, что необходимые безопасные условия по растеканию тока молнии в земле зависят от отношения длины проводника

заземлителя к нормируемому значению сопротивлению заземлителя (R_n). При этом если длину проводника, выразить через $11,7R_n$, тогда количество вертикальных электродов заземлителя (шт.) при требуемом сопротивлении заземлителя возможно определить выражением:

$$N_{\epsilon} = \frac{0,03128 \cdot k_1 \cdot \rho \cdot \left(\lg 24,6316 \frac{R_n}{d} + \frac{1}{2} \lg \left(\frac{4t - 11,7 R_n}{4t + 11,7 R_n} \right) \right)}{R_n^2 \cdot \eta_{\epsilon}}, \quad (3)$$

где k_1 – климатический коэффициент для вертикальных электродов;

ρ – удельный расчётный коэффициент сопротивления двухслойного грунта, Ом·м;

R_n – нормируемого значения сопротивлению заземлителя, Ом;

d – диаметр стрежня заземлителя, м;

t – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м.

η_{ϵ} – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

При заданной длине вертикальных электродов заземлителя, определенному по формуле (3), и их количеству (N_{ϵ}) выражается длина горизонтального заземлителя (м):

$$L_z = 11,7 R_n - L_{\epsilon} \cdot N_{\epsilon}, \quad (4)$$

где L_{ϵ} – длина вертикальных электродов заземлителя, устанавливается по каталожным либо справочным сведениям, м.

После установления необходимых длин вертикальных и горизонтальных стержней, проектировщик либо эксперт с учетом требований по конструктивному исполнению типов заземлителей по [11, 12] определяется с конфигурацией и типом заземлителя.

Обработкой результатов наблюдений за молниезащитой зданий установлено, что стержневые молниеотводы в процессе эксплуатации испытывают различного рода деформации, из-за чего изменяются зоны защиты, снижается эффективность приема прямого удара молнии и в результате чего происходят пожары. Для изучения величин отклонений молниеотводов в рамках научно-технической работы [9, 10] в НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси были проведены экспериментальные исследования функциональной устойчивости молниеотвода. В процессе экспериментов устанавливались периодичность и метод их проведения, способы фиксации и проводилась обработка результатов исследований.

Было установлено, что с увеличением высоты молниеотвода над защищаемой поверхностью производственного объекта пропорционально уменьшается размер зоны защиты. Формирование оси зоны защиты молниеотвода фиксируется преимущественно в первый год эксплуатации. Функции отклонений молниеотводов высотой от 1 до 3 м носят линейный характер, от 3 до 7 м – логарифмический вид, высотой с 7 и до 10 м – экспоненциальный вид.

Результаты проведенных исследований позволили конструктивно усовершенствовать средства защиты от прямого удара молнии и были предложены новые технические решения для защиты от прямых ударов молнии [13-14] (рисунок 2).

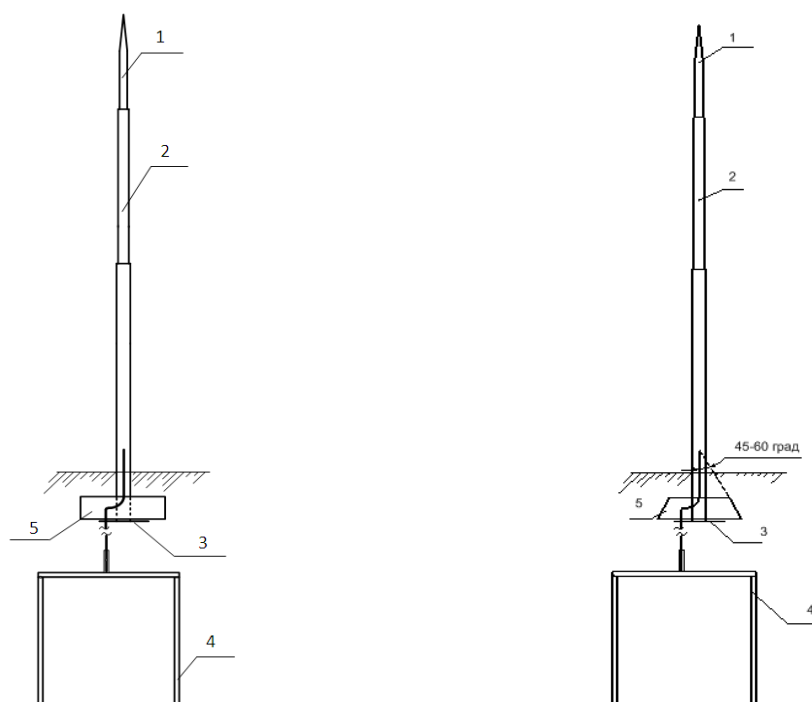


Рисунок 2 – Молниеотводы с повышенными характеристиками устойчивого функционирования: 1 – молниеприемник; 2 – токоотвод; 3 – опора; 4 – стержень-заземлитель; 5 – бетонный груз

Так в отличие от известных конструкций молниеотводов технические решения дополнены бетонным грузом в виде кругового конуса или цилиндра с центральным вертикальным осевым отверстием. Груз за счет своей формы имеет пониженный центр тяжести, что обеспечивает увеличение устойчивости конструкции молниеотвода и в итоге позволяет минимизировать отклонения, от которых зависит стабильность параметров защиты молниеотвода (размера зоны защиты угол защиты) и, соответственно, эффективность работы молниеотвода, в результате чего повышается производственная безопасность. Также были установлены отличные от действующих в нормативном документе [11-12] величины параметров зоны защиты (угол защиты, размер зоны защиты) молниеотводов различных высот с учетом их эксплуатации.

По результатам проведенных экспериментов были разработаны рекомендации по снижению влияния грозových проявлений на здания и сооружения в основу которых положены аналитический (таблица) и графический (рисунок 3) методы определения размеров зон защиты молниеотводов различных высот и уровней молниезащиты. При использовании аналитического метода на первом этапе определяются наиболее высокие точки объекта защиты, затем под выбранный параметр подбирается высота молниеотвода. Объект считается защищенным, если полностью находится в зоне защиты молниеотвода.

Таблица – Определение размеров зон защиты молниеотводов с учетом опыта эксплуатации

Высота над защищаемой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

поверхность ю (H_e), м										
Размер зоны защиты молниеотвода:										
I уровня, м	2,82 9	5,711	6,623	7,365	8,097	8,648	8,989	9,178	9,599	9,547
II уровня, м	3,41 9	6,871	8,593	9,745	10,49 7	11,02 8	11,81 9	12,44 8	12,93 9	13,30 7
III уровня, м	4,25 9	8,561	10,34 3	12,15 5	13,51 7	14,59 8	15,41 9	16,04 8	16,52 9	17,58 7
IV уровня, м	5,06 9	10,19 1	11,91 3	13,79 5	15,16 7	17,17 8	17,93 9	19,44 8	19,80 9	20,99 7

Разработанный графический метод определения зон защиты молниеотводов в зависимости от высоты над защищаемой поверхностью и уровня молниезащиты является альтернативой методу, изложенному в действующих требованиях по молниезащите [11] (рисунок 4).

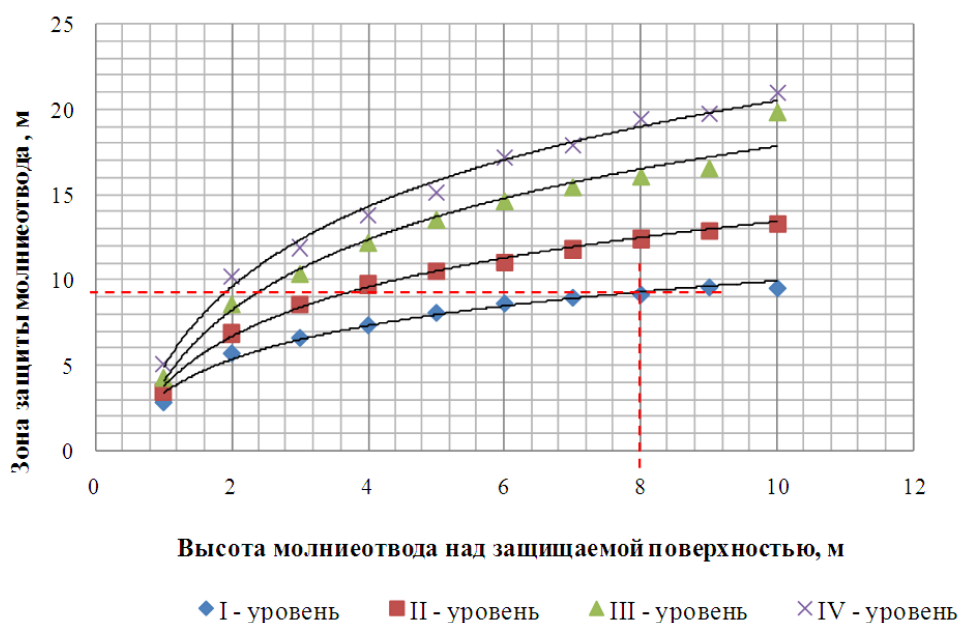


Рисунок 3 – Графический метод определения размеров зон защиты молниеотводов

Метод не требует математических вычислений, предназначен для экспрес-оценки. Кривыми отображены зависимости размеров зоны защиты молниеотводов от высоты и уровня молниезащиты. По оси ординат графика отложены величины зоны защиты молниеотводов, по оси абсцисс их высоты. Из рисунка 3 видно, что молниеотвод высотой 8 м и I уровнем молниезащиты (нижняя кривая), ориентировочно обеспечивает размер зоны защиты на уровне защищаемой поверхности в 9,2 м.

В методике расчета зон защиты молниеотводов по требованиям [11] отсутствуют указания по выбору рационального места расположения отдельно стоящих молниеотводов, зоны защиты которых имеют сложные геометрические формы, что существенным образом накладывает на оценку объективности защиты зданий и сооружений. В зависимости от

уровня молниезащиты, высоты стержневого молниеотвода и расстояния до объекта защиты, путем наложения зон защиты молниеотвода на габариты объекта, устанавливается оптимальное количество молниеотводов защищаемого объекта. Для защиты объекта высотой 6 м (рисунок 4) требуется устройство одного молниеотвода высотой 10 м с уровнем молниезащиты не ниже III. Для молниезащиты II либо I уровня необходимо два отдельно стоящих молниеотвода высотой не менее 10 м, расположенных на расстоянии в 1 м от защищаемого объекта.

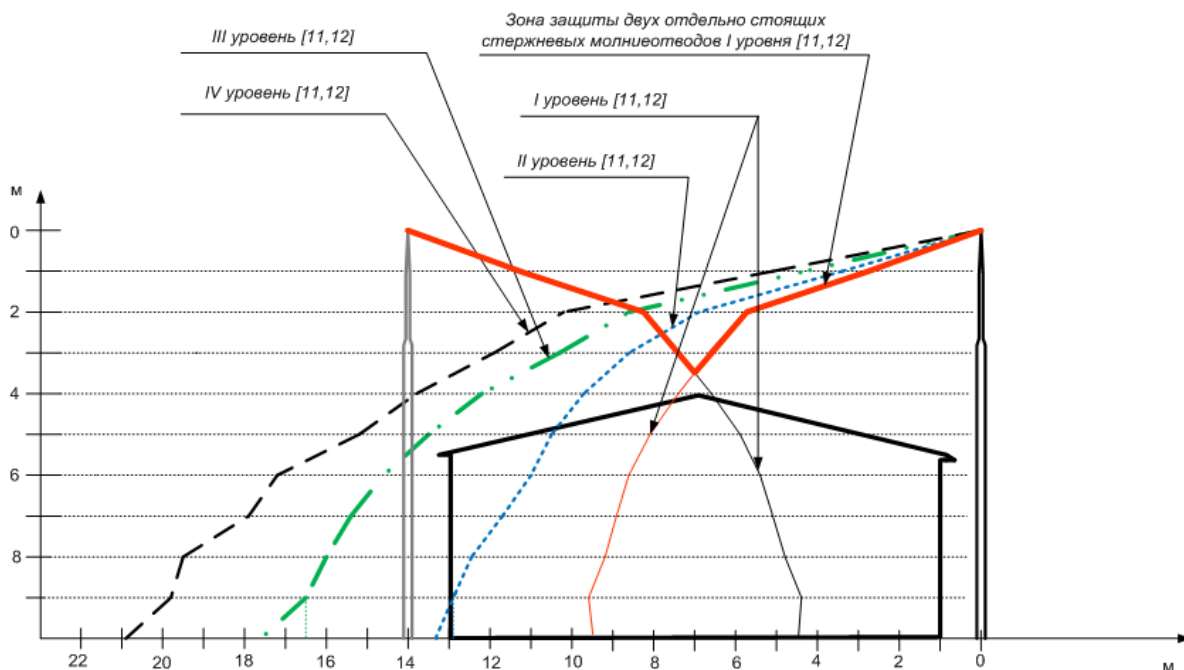


Рисунок 4 – Схематическое изображение выбора места расположения отдельно стоящих молниеотводов относительно защищаемого здания

Научная и практическая значимость проведенной работы заключается в обосновании конструктивных особенностей технических средств защиты от прямых ударов, уточнении его защитных параметров с учетом опыта эксплуатации, а также разработке методов определения зон защиты молниеотводов различных высот и уровней.

Результаты исследований использованы для разработки нормативно-технической базы республики при установлении критериев определения необходимости устройства молниезащиты, способов размещения молниеотводов относительно объектов защиты.

Рекомендации могут быть использованы при актуализации общих и специальных требований по молниезащите зданий и сооружений; рекомендуются при разработке справочного, методического материала для проектировщиков, занимающихся проектированием молниезащиты; специалистов отделов охраны труда объектов хозяйствования при подготовке средств молниезащиты к грозовому сезону, а также в повседневной деятельности органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопян, А.А. Исследование защитного действия молниеотводов. – Труды ВЭИ, 1940, вып. 36.

2. Стекольников, И.С. Грозозащита промышленных сооружений и зданий / И.С. Стекольников, В.С. Комельков, А.Ф. Богомолов и др. – М.: Изд-во АН СССР, 1951.
3. Базелян, Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райдер. – М. : Физматлит, 2001. – 319 с.
4. Ермолаев Н.М., Загоровский Л.В., Мамина Н.М. Пособие по устройству грозозащиты строений в сельской местности. Москва: Минкомхоз РСФСР, 1961, 98 с.
5. Ларионов, В.П. Защита жилых домов и производственных сооружений от молнии. 2-е изд. - М.: Энергия, 1966.
6. Мишкин, И.М. Молниезащита сельскохозяйственных объектов. Москва: Колос, 1979, 104 с.
7. Карякин, Р.Н. Справочник по молниезащите / Р.Н.Карякин. – М: Энергосервис, 2005. – 879 с.
8. Куприенко, В.М. Методика и результаты испытаний по определению угла защиты для отдельно стоящих стержневых и тросовых молниеотводов. – Вестник Национального технического университета «ХПИ», 2006, № 17.
9. Скрипко, А. Н. Научное обоснование оптимальных технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений, разработка экспериментального отечественного образца молниеотвода / А. Н. Скрипко, Л. В. Мисун, В. А. Качан; НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси (Отчёт о НИР № ГР 20140450).— Мн., 2014. — 83 с. — Библиогр.: с. 82–83 (21 назв.). — Рус. — Деп. в ГУ «БелИСА» 13.03.2015 № Д201505.
10. Мисун, Л. В. Снижение влияния грозовых проявлений на объектах агропромышленного комплекса / Л. В. Мисун, А. Н. Скрипко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 116 с.
11. ТКП 336-2011 Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. – Введ. 01.11.2011. – Минск: филиал «Информационно-издательский центр ОАО «Экономэнерго», 2011. – 187 с.
12. IEC 62305-1: 2006. Protection against lightning – Part 1: General principles.
13. Молниеотвод: пат. 10701 Респ. Беларусь, МПК Н 02 Н 9/06 (2006.01) Н 02G 13/00 (2006.01) / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, В.В. Кобяк; заявитель Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – № u20080793; заявл. 06.01.2015; опубл. 30.06.2015.
14. Молниеотвод с повышенными характеристиками устойчивого функционирования: пат. 10767 Респ. Беларусь, МПК Н 02G 13/00 (2006.01) / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, В.В. Кобяк; заявитель Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – № u20140413; заявл. 14.11.2014; опубл. 30.08.2015.

В.О. Балицька
канд. фіз.-мат. наук, доцент

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ АВАРІЙНИХ І ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ

В статті наведено результати досліджень впливу радіаційного опромінення на оптичні властивості халькогенідних стекел, які широко застосовуються для моніторингу навколишнього середовища. Показано, що \square -індуковані зміни нестабільні і пов'язані з процесами утворення діаманітних пар над- та недокоординації з протилежними електричними зарядами, що супроводжуються переключеннями ковалентних хімічних зв'язків.

Ключові слова: \square -опромінення, халькогенідні стекла, оптичне пропускання.

INVESTIGATION OF RADIATION INFLUENCE ON MATERIALS FOR EMERGENCY AND EXTREMAL MONITORING

In the article the results of influences of radiation exposure on optical properties of chalcogenide glasses, which wide used in environment monitoring, were presented. It was shown that \square -induced changes non-stability and caused by processes of creation of diamagnetic over- and non-coordinated pares with opposite electrical charges owing to covalent chemical bonds switching.

Keywords: \square -irradiation, chalcogenide glasses, optical transmission.

Сучасний науково-технічний прогрес і розширення виробничої діяльності людини з використанням енергомістких технологій збільшують ризик аварійних і екстремальних ситуацій. В цих умовах особливого значення набуває своєчасний моніторинг навколишнього середовища, забезпечення точності і надійності приладів та обладнання, що використовуються при його проведенні і, як наслідок, пошук та дослідження матеріалів з високим рівнем стабільності, що використовуються при цьому.

Одними з таких матеріалів є халькогенідні склоподібні напівпровідники (ХСН), що широко використовуються в системах оптичного запису інформації та дозиметрії високоенергетичного іонізуючого випромінювання. Унікальною властивістю ХСН є, насамперед, їх аномальна чутливість до дії зовнішніх факторів, серед яких домінує місце займає радіаційне експонування. Вважається, що ця особливість зумовлена: 1) стеричною гнучкістю, властивою склоподібній сітці з низькою атомною координацією (атоми халькогену в склоподібній матриці ХСН є, як правило, двох-координованими); 2) відносно великим внутрішнім вільним об'ємом (надлишок внутрішніх структурних пустот у порівнянні з термодинамічно врівноваженим кристалічним аналогом); 3) специфікою електронних станів, локалізованих поблизу вершини валентної зони.

Перші повідомлення про радіаційні ефекти, індуковані високоенергетичним \square -опроміненням, стосувалися склоподібного As_2S_3 . Було показано, що опромінення при фіксованій потужності опромінення 500 Р/с та експозиційній дозі $\Phi \geq 3 \cdot 10^8$ Р призводить до зміни мікротвердості (порядок зміни становив $\square\text{H}/\text{H} \cong 23$ %) [1]. Дослідження часової і температурної стабільності спостережуваних радіаційно-індукованих змін мікротвердості показало, що вони стабільні в часі (за кімнатної температури) принаймні упродовж 6 місяців, а відпал за температури 423 К протягом 15-20 годин відновлює приблизно 40% наведених радіацією змін. Дані зміни пояснювалися перебудовою полімерних ланцюгів і відповідним ущільненням структури скла [1,2].

В [3] було показано, що модуль зсуву склоподібного As_2S_3 при потужності опромінення 200-500 Р/с монотонно збільшується до насичення $\Delta G/G \cong 5,26\%$ по мірі наростання експозиційної дози від 10^6 до 10^8 Р [3]. Наведені зміни $\Delta G/G$ склоподібного As_2S_3 були досить стійкими принаймні протягом 6 місяців за кімнатної температури [3].

Довжина склоподібного As_2S_3 також монотонно зменшувалася з дозою опромінення, досягаючи в насиченні $\Delta l/l = 0,135\%$ при $\Phi \cong 1 \cdot 10^8$ Р [3,4]. Дані зміни не відновлювалися з часом при кімнатній температурі, але за температури вищої 353 К, спостерігалася тенденція до слабкого відновлення початкових розмірів зразків [4].

У випадку невідпалених зразків ХСН, які характеризуються наявністю внутрішніх напружень, що виникають під час загартування розплаву, можливі відхилення від вказаної залежності в сторону видовження. Так, зокрема, довжина гама-опромінених невідпалених зразків склоподібного As_2Se_3 збільшується, досягаючи максимуму $\Delta l/l = 0,06\%$ при дозах порядку $\Phi \cong 0,5 \cdot 10^8$ Р, а далі при збільшенні дози відбувається скорочення зразків, яке досягає $\Delta l/l \cong 0,1\%$ при $\Phi \geq 2 \cdot 10^8$ Р [5].

В [6] було показано, що інтенсивність фотолюмінесценції склоподібного As_2Se_3 монотонно зменшується з підвищенням дози гамма-опромінення. Припускалося, що під дією гамма-радіації в ХСН формуються стабільні (за кімнатної температури) радіаційні дефекти, які поводять себе як центри захоплення рекомбінуючих носіїв (пастки), або як додаткові розсіюючі центри.

В [7] спостерігали зміну амплітуди фотопровідності опроміненого склоподібного As_2S_3 , що збільшувалася в порівнянні з неопроміненими зразками (від $\sim 10^{-12}$ Ом $^{-1}$ ·см $^{-1}$ до $\sim 10^{-10}$ Ом $^{-1}$ ·см $^{-1}$) при однаковому рівні освітлення ($\sim 10^{17}$ кв./см 2 ·с), причому дія гамма-опромінення суттєво збільшувала час спаду фотопровідності, що вказувало на появу додаткових радіаційних дефектів, які діяли як пастки для нерівноважних носіїв струму. Вперше було відмічено, що ефект гамма-опромінення втрачається з часом: через 2 місяці після опромінення спостерігались зміни фотоелектричних властивостей [7], проте, на жаль, цей факт залишився без належної уваги при подальших дослідженнях.

В [8] повідомлялося, що гамма-опромінення не змінює розчинності склоподібного As_2Se_3 в диметиламіні, але зменшує швидкість його розчинення в їдкому калі КОН (а також розчинах NaOH). Збільшення дози до $5 \cdot 10^8$ Р суттєво посилювало даний ефект.

В [9] повідомлялося, що гамма-опромінення немонотонним чином змінює оптичні властивості тонких плівок AsSe. При дозі 10^8 Р спостерігаються найбільші зміни - довгохвильовий зсув краю поглинання та зменшення крутизни його нахилу. Але оптичні дослідження було проведено лише для 4 поглинутих доз радіації, що недостатньо для побудови дозової характеристики ефекту. Крім цього, не було взято до уваги температурний вплив на зразки в каналі джерела, який, очевидно, і є причиною немонотонності дозової залежності.

В результаті вище сказаного можна зробити висновок про те, що характер радіаційно-індукованих змін властивостей ХСН залежить від параметрів опромінення (дози, потужності, температури в каналі джерела), до- і після-радіаційної термообробки зразків, умов їх синтезу; а також складу, хоча роль і місце кожного фактору в формуванні сумарної величини радіаційно-індукованих змін потребують більш детального вивчення.

В даній роботі приведено результати досліджень Δ -індукованої зміни величини оптичного пропускання ХСН бінарної системи As_xS_{100-x} ($x=30; 33, 36, 40$ і 42).

Гамма-опромінення досліджуваних зразків проводилося в умовах стаціонарного радіаційного поля, створеного в замкненому циліндричному об'ємі концентрично розміщеними джерелами радіонукліда ^{60}Co . Поглинута доза становила 1-4,4 МГр при середній енергії потоку Δ -квантів 1,25 МеВ та потужності експозиційної дози 20 Гр/с (рис.1).

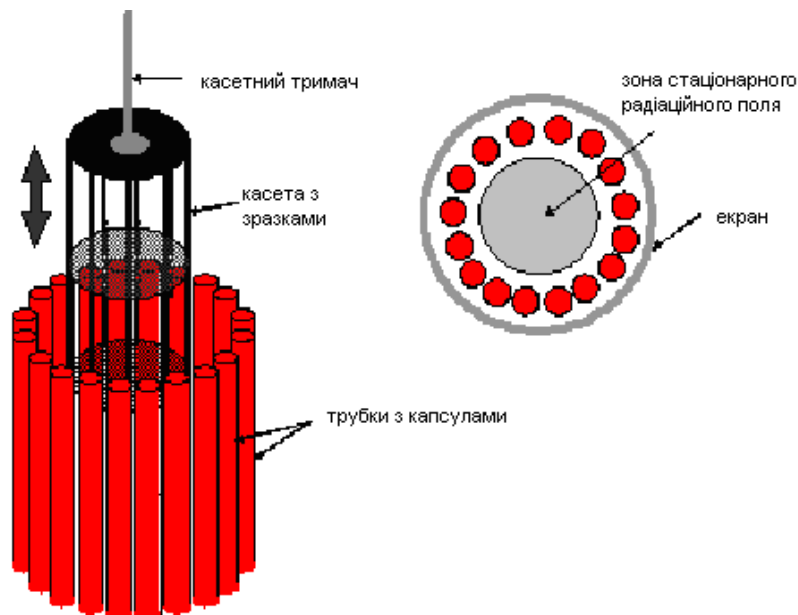


Рис. 1. Схема опромінення халькогенідних стекел.

Величина оптичного пропускання опромінених, відпалених та відновлених зразків реєструвалася за допомогою двопробеневого спектрофотометра “SPECORD M-40” в діапазоні хвиль 500-700 нм. Процедура відновлення передбачала підігрів зразків до температури близької до температури їхнього розм’якшення, приблизно T_g+30 К з наступним охолодженням із швидкістю $q = 5$ К/хв. Підігрів і охолодження зразків потоком повітря здійснювався в спеціально сконструйованій температурній камері з точністю до $\pm 0,5$ °С. Основні параметри досліджуваних халькогенідних стекел представлено в Таблиці 1.

Таблиця 1. Основні параметри досліджуваних халькогенідних стекел.

Склад	Товщина, мм	T відпалу, °С	T відновлення, °С
As ₃₀ S ₇₀	1.54	115	180
As ₃₃ S ₆₇	1.53	120	190
As ₃₆ S ₆₄	1.53	130	200
As ₄₀ S ₆₀	1.44	150	220
As ₄₂ S ₅₈	1.50	150	220

Спектри оптичного пропускання γ -опромінених, відпалених і відновлених досліджуваних зразків представлено на рис. 2-6.

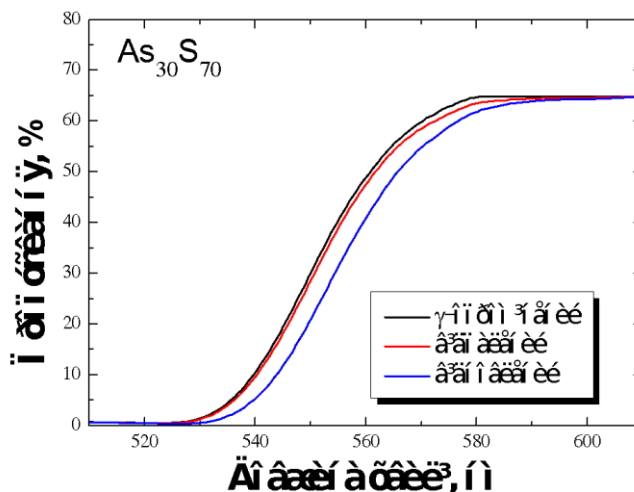


Рис. 2. Спектри оптичного пропускання γ -опроміненого, відпаленого і відновленого зразка As₃₀S₇₀.

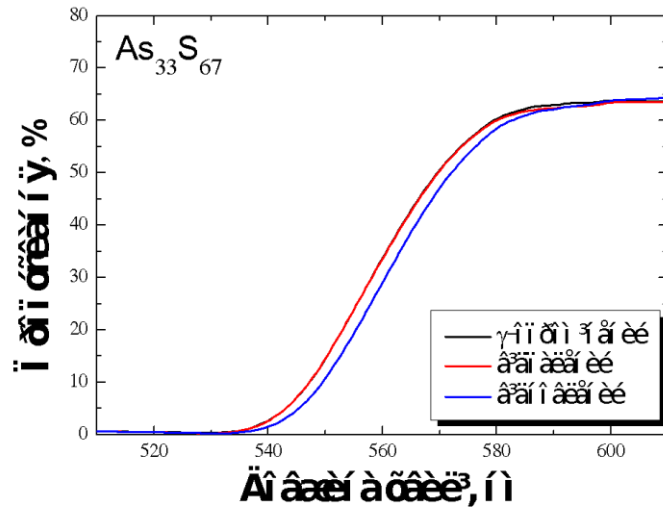


Рис. 3. Спектри оптичного пропускання γ -опроміненого, відпаленого і відновленого зразка $As_{33}S_{67}$.

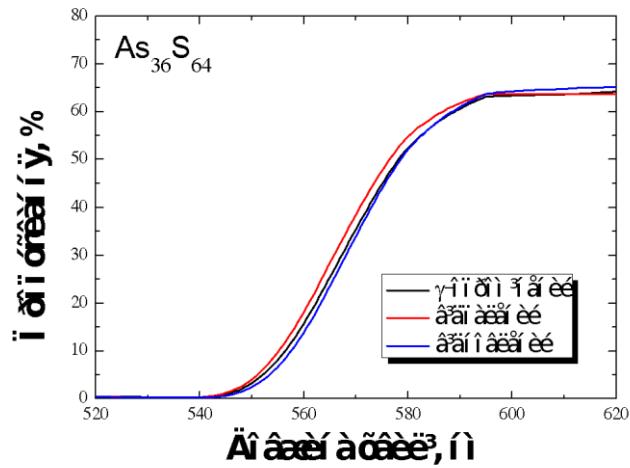


Рис. 4. Спектри оптичного пропускання γ -опроміненого, відпаленого і відновленого зразка $As_{36}S_{64}$.

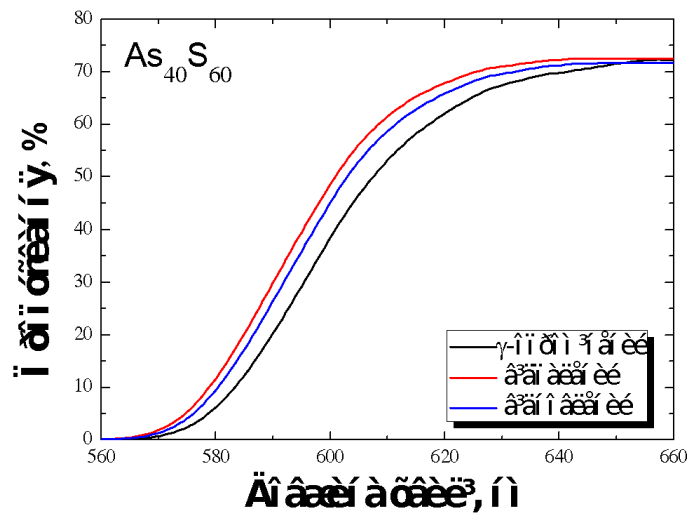


Рис. 5. Спектри оптичного пропускання γ -опроміненого, відпаленого і відновленого зразка $As_{40}S_{60}$.

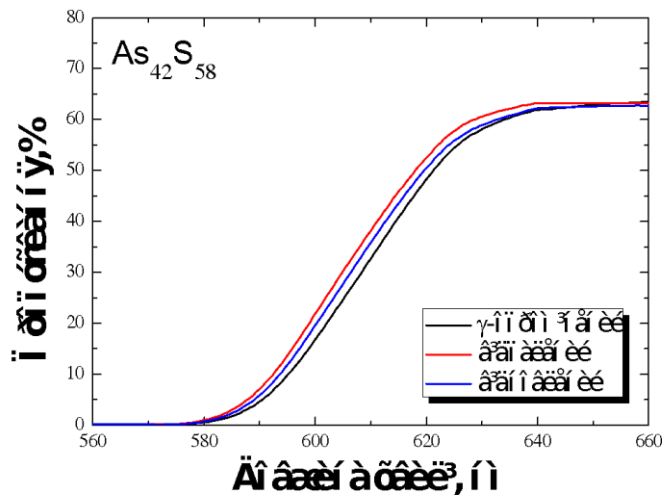


Рис. 6. Спектри оптичного пропускання γ -опроміненого, відпаленого і відновленого зразка $As_{42}S_{58}$.

Результати зовнішньо індукованих ефектів, отримані методом оптичної спектроскопії зібрано в таблиці 2.

Таблиця 2. Основні зовнішньо-індуковані ефекти в ХСН системи As-S.

Склад ХСН	Високо-енергетичні γ -індуковані Ефекти		Термічно-індуковані ефекти старіння
	Відновлені зразки $(T_{rej}-T_{\gamma})_{max}$	Термічно-відпалені зразки $(T_{ann}-T_{\gamma})_{max}$	Відновлені зразки $(T_{rej}-T_{ann})_{max}$
$As_{42}S_{58}$	3 % (червоний зсув)	5.5 % (червоний зсув)	-2.5 % (синій зсув)
$As_{40}S_{60}$	7 % (червоний зсув)	10.5 % (червоний зсув)	-3.5 % (синій зсув)
$As_{36}S_{64}$	-2 % (синій зсув)	3 % (червоний зсув)	-5 % (синій зсув)
$As_{33}S_{67}$	-5 % (синій зсув)	0 % (зсуву немає)	-5 % (синій зсув)
$As_{30}S_{70}$	-9 % (синій зсув)	-1.5 % (синій зсув)	-7.5 % (синій зсув)

Встановлено, що радіаційно-індуковане потемніння є нестабільним і в залежності від хімічного складу зразків ХСН поступово затухає з часом до деякого залишкового значення. Тому такі ефекти прийнято називати динамічними на відміну від статичних, що зберігаються в опромінених зразках на протязі тривалого часу (щонайменше 3-5 років) [10].

Зміну величини коефіцієнта оптичного пропускання в області краю фундаментального поглинання пов'язують з процесами утворення діаманітних пар над- та недокоординації з протилежними електричними зарядами, що супроводжуються переключеннями ковалентних хімічних зв'язків [11]. Утворення нових координаційних дефектів викликає зростання нахилу краю фундаментального поглинання, в той час як варіація концентрації хімічних зв'язків проявляється через зсув його спектрального положення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стародубцев С.В., Доморяд И.А., Хизниченко Л.П. Изменение механических характеристик аморфного селена под действием гамма-лучей // Докл. АН СССР. – 1961. – Т. 139, № 3. – С. 594-595.
2. Стародубцев С.В., Азизов С.А., Доморяд И.А., Пешиков Е.В., Хизниченко Л.П. Изменение механических характеристик некоторых твердых тел, подвергнутых воздействию

□-радиации // В сб.: Действие ядерных излучений на материалы. – М.: АН СССР, 1962. – С.347-354.

3. Доморяд И.А., Кайпназаров Д., Хизниченко Л.П. Действие гамма-облучения на упругие свойства стеклообразного трисульфида мышьяка // Изв. АН УзССР. Сер. физ.-мат. н. – 1963. – № 5. – С.87-89.

4. Доморяд И.А., Хизниченко Л.П. Влияние гамма-облучения на некоторые механические свойства стекловидного селена // В сб.: Радиационные эффекты в твердых телах. – Ташкент: АН УзССР, 1963. – С.71-74.

5. Стародубцев С.В., Доморяд И.А. Влияние проникающей радиации на механические свойства некоторых халькогенидных стекол // В кн.: Стародубцев С.В. Полное собрание научных трудов. Т.4. – Ташкент: ФАН, 1971. – С.242-247.

6. Kolomiets V.T., Mamontova T.N., Domoryad I.A., Babaev A.A. Photoluminescence in □-irradiated vitreous and monocrystalline As_2S_3 and As_2Se_3 // Phys. Stat. Sol. – 1971. – V. A7. – P. K29-K32.

7. Коломиец Б.Т., Доморяд И.А., Андриеш А.М., Иову М.С., Шутов С.Д. Влияние гамма-облучения на фотопроводимость стеклообразного сульфида мышьяка // В сб.: Физ. и хим. сложных полупроводников. – Кишинев: Штиинца, 1975. – С.149-152.

8. Доморяд И.А., Коломиец Б.Т., Любин В.М., Шило В.П. Реверсивные гамма-структурные превращения в стеклообразном $AsSe$ // Физ. и химия стекла. – 1985. – Т.11, №5. – С.595-597.

9. Текучева И.А., Доморяд И.А. Влияние гамма-облучения на некоторые свойства стекла $AsSe$ // Рязанский радиотехнический ин-т, г.Рязань. – 1982. – 16с. – Деп. в ВИНТИ 3.11.1982, № 5662-82.

10. Shpotyuk O., Balitska V. Post-irradiation structural relaxation in quasi-binary arsenic/antimony trisulphide glasses // Journal of Physics. – 2011. – V. 289. – P.1-7.

11. М. Бродски. Аморфные полупроводники. Москва: Мир. – 1982. – 268 р.

С.О. Ємельяненко
старший викладач, канд. тех. наук

А.І. Івануса
старший викладач, канд. тех. наук

ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У роботі проведено оцінювання пожежних ризиків будівель громадського призначення (на прикладі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді). Встановлено, що індивідуальний пожежний ризик загибелі від пожежі перевищує допустиме значення, тому існує необхідність у розробленні додаткових протипожежних заходів. Наприклад сценічне приміщення Львівського державного палацу естетичного виховання молоді обладнати протипожежною завісою для захисту глядацького залу. Виявлено, що ризики загибелі від пожежі в значній мірі залежать від тривалості настання гранично-небезпечних факторів пожежі у приміщеннях, так, як від неї залежить безпечна евакуація.

Ключові слова: пожежний ризик, будівлі громадського призначення, евакуація, небезпечні фактори пожежі

EVALUATION FIRE RISK BUILDINGS FOR PUBLIC USE

In the work the fire risk assessment public buildings (for example, Lviv National Palace of Aesthetic Education of Youth). Found that individual fire risk of death from fire exceeds the permissible value, so there is a need for development of additional fire prevention. For instance stage the Lviv National Palace of Aesthetic Education of young people to equip fire protection curtain auditorium. Found that the risk of death from a fire largely depend on the length of maximum occurrence of fire hazards in rooms as it affects the safe evacuation.

Keywords: fire risk, public buildings, evacuation, fire hazards

За даними ДСНС України [1, 2] щороку кількість пожеж в Україні збільшується і сягає вже понад 70 тис. пожеж, зокрема, за останні три роки збільшилась на 18 тис. пожеж: у 2013 році – 61114, у 2014 році – 68879, а у 2015 році – 79581, проте кількість загиблих зменшилась 2494, 2246 та 1947 відповідно. Значна частка пожеж та загиблих припадає на промислові об'єкти та на будівлі і споруди громадського призначення табл. 1.

Таблиця 1

Статистика пожеж, які виникали у промислових об'єктах та у будівлях і спорудах громадського призначення.

Об'єкти/рік	2015	2014	2013	2012	2011
Споруди виробничого призначення	462	517	449	466	508

Торгівельно-складські споруди	828	987	839	916	816
Соціально-культурні, громадські та адміністративні споруди	522	703	395	491	453

Прямі збитки від пожеж на цих об'єктах у 2015 році склали 544 млн 568 тис. грн, 37,4 % від загальної суми прямих збитків всіх пожеж, які виникли в Україні; побічні збитки склали 1 млрд 104 млн 813 тис. грн або 26,2 % від загальної суми побічних збитків.

Тому актуальною проблемою, яка потребує невідкладного вирішення є пожежі в Україні, зокрема, у будівлях і спорудах громадського призначення, які створюють ризики загибелі населення та спричиняють значні збитки. Також однією з основних проблем є стан протипожежного захисту об'єктів із масовим перебуванням людей, зокрема ринків, будинків дитячих дошкільних та навчальних закладів, лікувальних закладів із стаціонаром, культових будинків та споруд, будинків для людей похилого віку та інвалідів, санаторіїв та закладів відпочинку, культурно-просвітніх та видовищних закладів, готелів та гуртожитків, на яких протипожежні заходи практично не виконуються через обмеженість фінансування.

Комплекс зазначених проблем значною мірою зумовлений відсутністю належного нормативно-правового, фінансового, матеріально-технічного забезпечення, вирішення питань соціального, інформаційного та науково-технічного характеру. Гострота таких проблем вимагає вжиття організаційних та інженерно-технічних заходів з боку міністерств, інших центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування.

Для оцінювання пожежної небезпеки у будівлях і спорудах громадського призначення необхідно використовувати ризик-орієнтований підхід. Проте, в законодавчій базі України, незважаючи на світові тенденції, відсутні методики розрахунку пожежних ризиків у будівлях і спорудах громадського призначення. Дослідженням пожежних ризиків присвячені праці багатьох науковців, серед яких В. Бегун, І. К. Бакиров, Є. В. Гаврилко, Є. М. Гуліда, Н. Н. Брушлінський, В. В. Холщевніков, С. В. Пузач, Ю. А. Кошмаров, Д. А. Самошин, О. Я. Корольченко, З. М. Яремко, В. М. Ярошевська, Ю. Н. Шебеко, Ф. Ш. Хафізов, Д. В. Седов, D. Yung, T. Aven, T. Barry, S. Jonkman, I. Miller, P. Janik та ін. Але більшість їх наукових праць не стосувалися пожеж в будівлях і спорудах громадського призначення, зокрема, не ставилось завдання розкриття особливостей впливу чинників на значення пожежних ризиків. Вище зазначене обумовлює актуальність проведення наукового дослідження, спрямованого на зниження пожежної небезпеки у будівлях і спорудах громадського призначення.

Метою роботи є оцінювання пожежних ризиків в будівлях та спорудах громадського призначення і визначення основних чинників, з метою управління ними.

Викладення основного матеріалу. Для оцінювання пожежної небезпеки у будівлях і спорудах громадського призначення використано ризик-орієнтований підхід.

Вибрано будівлю громадського призначення, яка відноситься до закладів дозвілля, а саме будівля Львівського державного палацу естетичного виховання молоді. На основі статистичних даних та з використанням аналітичних методів проведено розрахунки значень ризиків для типових будівель і споруд громадського призначення міста, виявлено найбільш небезпечні фактори можливих пожеж.

Для оцінки пожежних ризиків в будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді визначено граничні значення концентрацій небезпечних факторів можливих пожеж.

У будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді найбільш небезпечним місцем при виникненні пожежі на сцені є глядацький зал на 2-му поверсі, так, як він є великим і в ньому може знаходитися дуже багато людей. При виникненні пожежі на момент прибуття перших підрозділів пожежа поширюватиметься та досягне близько 100 м², 2 та 3 поверхи будуть сильно задимлені, пожежа буде поширюватися, загрожуючи суміжним та вище розташованим приміщенням. Прогнозування розвитку пожежі є одним з необхідних заходів для мінімізації втрат під час пожежі. Тому необхідно знати найбільш небезпечні сценарії виникнення та розвитку пожеж.

На рисунку 1 наведено план будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді, який знаходиться за адресою м. Львів пл. Петрушевича 2.

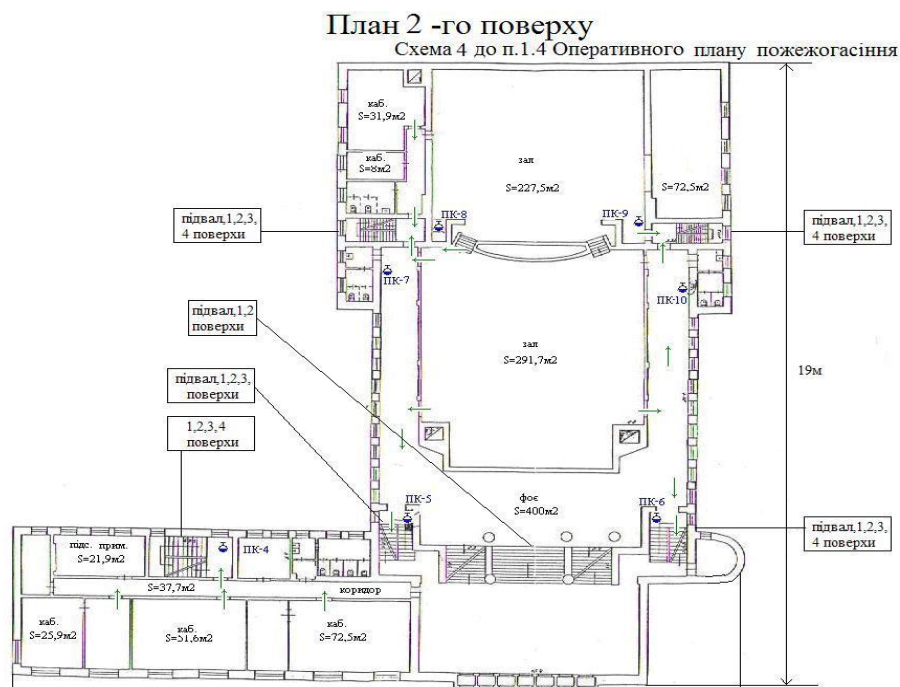


Рис. 1. План 2-го поверху будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді

Шляхами розповсюдження вогню можуть бути горючі матеріали, меблі, обладнання та оздоблення. В умовах швидкого розповсюдження диму по коридорах та сходових клітках Львівського державного палацу естетичного виховання молоді організація евакуації та рятування людей є першочерговим завданням, тому необхідно знати за який час настануть граничні концентрації небезпечних факторів пожежі у будівлі і евакуація буде неможлива без засобів захисту органів дихання.

За допомогою програми CFAST[3] проведено розрахунки часу настання граничних концентрацій небезпечних факторів пожежі для будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді (рис.2).

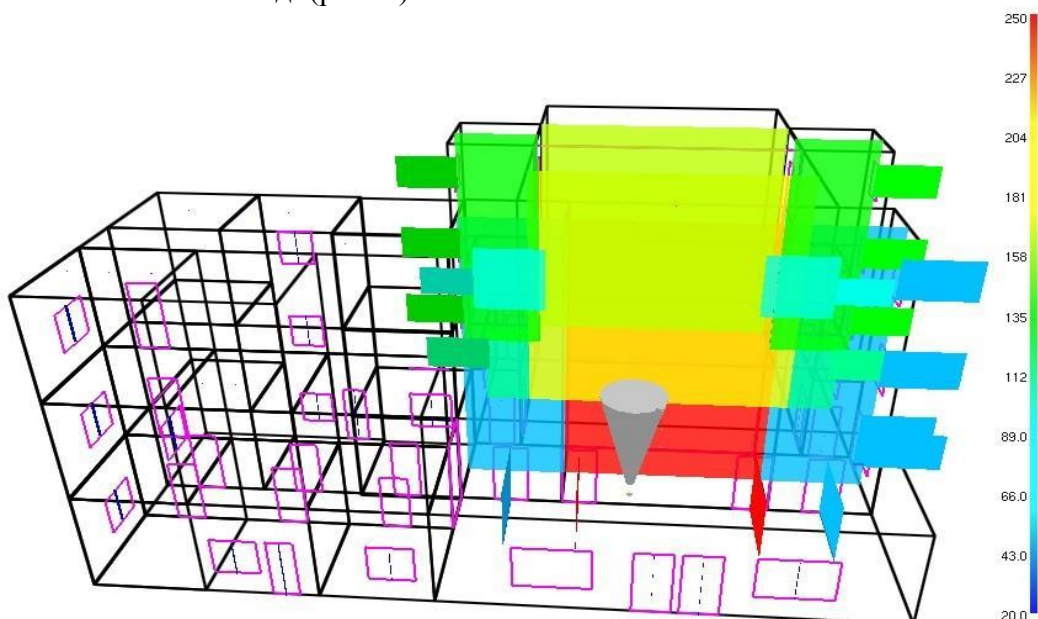


Рис. 2. Час настання небезпечних факторів пожежі у глядацькому залі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді.

За результатами розрахунків встановлено наступне:

1. Середньооб'ємна температура на сцені становитиме 260 °С, в залі 1 – 209 °С (через 3,8 хв в верхній частині приміщення і через 7 хв у нижній частині приміщення), а в залі 2 – 189 °С (через 4,2 хв в верхній частині приміщення та – 7,7 хв у нижній її частині) (рис. 3).

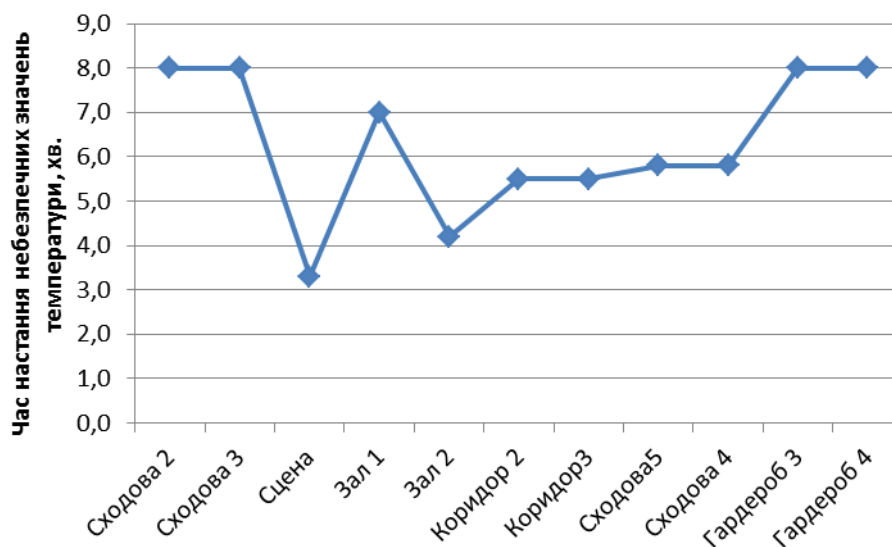


Рис. 3. Час настання небезпечних значень температури при пожежі в будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді

2. Брак кисню вже почнеться на сцені через 6,5 хв, у залі 1 – 7 хв, у залі 2 – 7,2 хв, на сходовій клітці №4 та №5 – 9,5 хв, а в коридорах №2 та №3 – 10 хв.

3. Обмеження видимості настане: на сцені у верхній її частині через 15 с та 2,1 хв – нижній частині приміщення; в залі 1 у верхній його частині через 16 с та 2,5 хв – нижній частині приміщення; в залі 2 у верхній його частині через 17 с та 2,6 хв – нижній частині приміщення; в коридорі №2 та №3 у нижній частині його настане через 2,9 хв; на сходових клітках №4 та №5 у верхній їх частині через 2,1 хв та 2,9 хв – нижній їх частині (рис. 4).

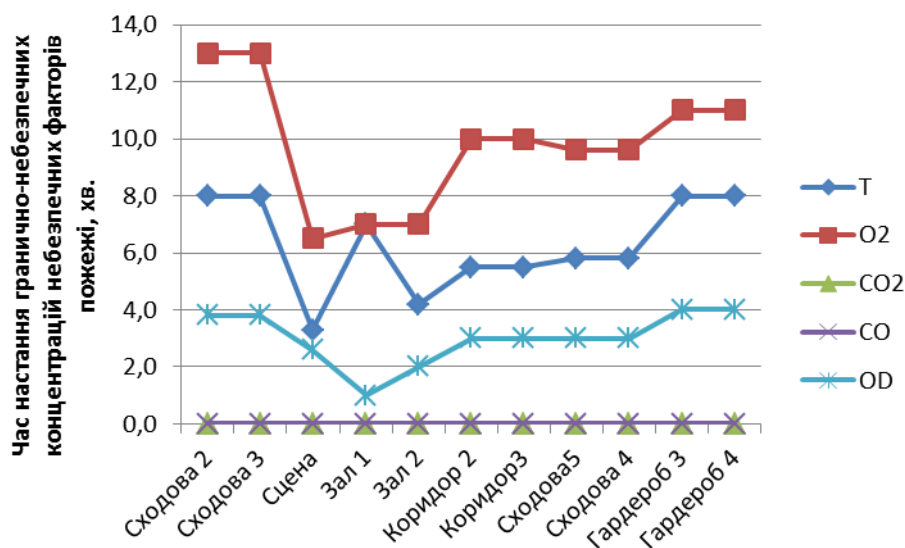


Рис. 4. Час настання гранично-допустимих концентрацій небезпечних факторів та обмеження видимості при пожежі в будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді

Отже обмеження видимості настане найшвидше, тому евакуюватися з залу 1 та 2 необхідно не пізніше ніж через 2,5 хв, пройти через сходові клітки №4 і №5 та коридори №2 і №3 необхідно за 2,9 хв. Брак кисню на інших коридорах та сходових клітках настане через 9,5 та 10 хв відповідно.

Для розрахунку індивідуального пожежного ризику в будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді здійснюємо для даного сценарію за формулою (1) Методики [4].

$$Q_v = Q_{вп} (1 - K_{ап}) P_{пр} (1 - P_e) (1 - K_{п.з.}), \quad (1)$$

де Q_v – частота виникнення пожежі в будівлі, $K_{ап}$ – коефіцієнт, що враховує відповідність вимог нормативних документів щодо систем автоматичного пожежогасіння, $P_{пр}$ – ймовірність присутності людей в будівлі, P_e – ймовірність евакуації з будівлі, $K_{п.з.}$ – коефіцієнт, який враховує відповідність протипожежного захисту, спрямованого на забезпечення безпечної евакуації людей під час пожежі, вимогам нормативних документів з пожежної безпеки.

Частоту виникнення пожежі в будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді вибираємо відповідно до додатку 1 Методики [4] $Q_{вп} = 6,9 \cdot 10^{-3}$. Оскільки будівля не повинна обладнуватися системами автоматичного пожежогасіння, приймаємо $K_{ап} = 0,9$.

Ймовірність присутності людей в будівлі визначаємо за формулою

$$P_{пр} = \frac{t_{функц}}{24}, \quad (2)$$

де $t_{функц}$ – час функціонування об'єкту, год. У нашому випадку $P_{пр} = 9/24 = 0,375$.

Ймовірність евакуації обчислюємо за формулою

$$P_e = \begin{cases} 0,999 \frac{0,8t_{бл} - t_p}{t_{пс}}, & \text{якщ } t_p < 0,8t_{бл} < t_p + t_{пе} \text{ і } t_{ск} \leq 6 \text{ хв,} \\ 0,999, & \text{якщ } t_p + t_{пе} \leq 0,8t_{бл} \text{ і } t_{ск} \leq 6 \text{ хв,} \\ 0,000, & \text{якщ } t_p \geq 0,8t_{бл} \text{ або } t_{ск} \leq 6 \text{ хв,} \end{cases} \quad (3)$$

де $t_{бл}$ – час якщо блокування евакуаційних виходів розраховано з попереднього розділу блокування сходових кліток 4 та 5 настане через 2,9 хв. У нашому випадку розрахунковий час евакуації отримано $t_p = 4,67$ хв, час початку евакуації за табл. П5.1 додатку 5 Методики [4] для будівель, обладнаних системою оповіщення і управління евакуацією $t_{пе} = 3$ хв. А оскільки інтенсивність D не перевищувала значення 0,9 для всіх груп, то час скупчень $t_{ск} = 0$ хв ≤ 3 хв. Оскільки $t_p = 4,67$ хв $\geq 0,8t_{бл} = 0,8 \cdot 2,9 = 2,32$ хв, $P_e = 0,000$ за формулою (3).

Коефіцієнт, який враховує відповідність протипожежного захисту, спрямованого на забезпечення безпечної евакуації людей під час пожежі, вимогам нормативних документів з пожежної безпеки обчислюємо за формулою

$$K_{п.з.} = 1 - (1 - K_{обн} K_{СОУЭ})(1 - K_{обн} K_{ПДЗ}), \quad (4)$$

де $K_{обн}$ – коефіцієнт, який враховує відповідність вимогам системи пожежної сигналізації, $K_{соуэ}$ – коефіцієнт, який враховує відповідність вимогам системи оповіщення і управління евакуацією, $K_{пдз}$ – коефіцієнт, який враховує відповідність вимогам системи протидимногозахисту. За Методикою $K_{обн} = 0,8$, $K_{соуэ} = 0,8$, а оскільки протидимний захист відсутній, приймаємо $K_{пдз} = 0$. Тоді $K_{п.з.} = 0,64$.

Остаточо за (1) отримуємо, що $Q_{вн} = 9,3 \cdot 10^{-5}$, що перевищує нормативне значення ризику $Q_{вн} = 10^{-6}$.

Отже, встановлено, що індивідуальний пожежний ризик загибелі від пожежі перевищує допустиме значення, тому існує необхідність у розробленні додаткових протипожежних заходів. Наприклад сценічне приміщення Львівського державного палацу естетичного виховання молоді обладнати протипожежною завісою для захисту глядацького залу.

Виявлено, що ризики загибелі від пожежі в значній мірі залежать від тривалості настання гранично-допустимих значень факторів пожежі у приміщеннях, так, як від неї залежить безпечна евакуація.

Знизити рівень ризиків загибелі від пожежі можна зменшенням часу евакуації, що досягається використанням систем пожежної сигналізації та оповіщення в будівлях громадського призначення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналізмасивукартокоблікупожеж за 12 місяців 2015 року [Електронний ресурс] / ВДіСПУкрНДІЦЗ ДСНС України. – 2015. – 24 с. – Режим доступу: http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2016/1/20/AD_12_2015.pdf
2. Національнадоповідь про стан техногенної та природноїбезпеки в Україні у 2014 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf
3. CFAST – ConsolidatedModelofFireGrowthandSmokeTransport (Version 6) / SoftwareandExperimentalValidationGuide. – Chapters 5 – 11 // 5036-5-1 RU NationalInstituteofStandardsandTechnology U.S. – DepartmentofCommerce. – 2008. – 54 p.
4. Методика определениярасчетныхвелечин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строенияхразличныхклассовфункциональнойпожарнойопасности : утв. 30.06.2009 приказом МЧС России № 382 : зарег. в Минюсте РФ 06.08.2009, рег. № 14486 : введ. 30.06.2009. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
5. Холщевников В. В. Эвакуация и поведение людей при пожарах : Учебноепособие / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. – 210 с.
6. Пожарные риски. Основныепонятия / Н.Н. Брушлинский, Ю. М. Глуховенко, В. Б. Коробко, С. В. Соколов. – М. : Бюлетень НациональнойАкадемии Наукпожарнойбезопасности, 2004. – 47с.
7. Кошмаров Ю. А. Прогнозированиеопасныхфакторовпожара в помещении : учебноепособие / Ю. А. Кошмаров. – М. : Академия ГПС МВД России. – 2000. –118 с.

И.Ю. Чернявский
факультет Військової Підготовки НТУ «ХПІ»
ім. Верховної Ради України

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЁННОЙ ДОЗЫ ИМПУЛЬСНОГО ГАММА-НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВОЕННОГО ХАРАКТЕРА

В рамках НИР по модернизации радиологических принципов системы радиационной безопасности в работе анализируются пространственное распределения поглощённой дозы путём оценки коэффициента неравномерности облучения.

Ключевые слова: *гамма-нейтронный поток проникающей радиации, неравномерность*

І.Ю. Чернявський
Факультет Військової Підготовки НТУ «ХПІ»
ім. Верховної Ради України

РАДИОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПОГЛИНЕНОЇ ДОЗИ ІМПУЛЬСНОГО ГАММА-НЕЙТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

З метою оптимізації радіологічних принципів системи радіаційної безпеки у роботі аналізуються можливі способи врахування просторового розподілу поглиненої дози шляхом оцінки коефіцієнта нерівномірності опромінення.

Результати. *Проведена порівняльна оцінка відношення доз нейтронного і гамма-випромінювання, а також отримано залежності коефіцієнта нерівномірності і індексу зниження біологічного ефекту від відстані до центру вибуху для боєприпасів різного типу. В цілому опромінення тіла людини у полі випромінювання імпульсного гамма-нейтронного випромінювання нейтронного боєприпасу виявляється значно більш рівномірним, ніж у випадках опромінення під час вибуху термоядерного боєприпасу. Функціонал об'ємного розподілу дозового навантаження залежить від співвідношення γ/n компонентів, яке залежить від відстані до центру ядерного вибуху, від наявності розсіяного випромінювання; спектральних особливостей типу боєприпасу (наявність захватного гамма-випромінювання в повітрі і ґрунті); орієнтації людини у полі гамма-нейтронного випромінювання; екранування тіла людини*

Ключеві слова: *гамма-нейтронний потік проникаючої радіації, нерівномірність опромінення*

I.Y. Cherniavskiy
Guards department of military training of the National Technical University "KhPI"
behalf of the VerhovnaRada of Ukraine

RADIOLOGICAL ASPECTS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE ABSORBED DOSE OF PULSED GAMMA-NEUTRON RADIATION

In order to optimize radiological principles radiation safety systems this paper examines possible ways of accounting the spatial distribution of the absorbed dose by assessment of the uneven irradiation rate.

Results. A comparative evaluation of the doses ratio of neutron and gamma radiation was conducted, and obtained dependence of unevenness factor and the reduction index of biological effect which depended on distance from the center of the explosion of different types of ammunition. In general, irradiation of the human body in a field of pulsed gamma-neutron radiation of neutron ammunition is much more uniform than in the cases of irradiation in the explosion of thermonuclear ammunition. Functional of distribution of dose load depends on the ratio γ/n components, which is depends on the distance from the center of a nuclear explosion, on the presence of the scattered radiation; on the spectral features of the type of ammunition (the presence of capture gamma radiation in the air and soil); on human orientation in a field of gamma-neutron radiation; on the human body screening

Keywords: gamma-neutron flux of penetrating radiation, unevenness of irradiation

Вступительная часть

Постановка проблемы. Одним из путей получения оперативной и достоверной информации о степени тяжести радиационных поражений личного состава в условиях воздействия проникающей радиации ядерного взрыва является прогнозирование дозовых нагрузок путём: анализа радиационных характеристик гамма-нейтронного излучения, учёта особенностей размещения, экранирования элементов боевого порядка подразделений и частей. В условиях сложного характера радиационного воздействия такой поход, на наш взгляд единственным способом приведения сложного характера облучения гамма-нейтронным излучением к условиям стандартного радиационного воздействия, хорошо проработанного в современной радиологии через понятиеравноценной дозы [5,7,8,10]. Очевидно, что одной и той же равноценной дозе (доза в условиях стандартного – равномерного облучения) соответствует бесконечное множество вариантов неравномерного облучения, определяемое спецификой импульсного гамма-нейтронного воздействия условиями размещения подразделений и частей на местности. Не учёт данных модифицирующих факторов, приводит к получению некорректных результатов в оценки степени радиационного поражения. Исследования [5] предполагают, что неравномерность облучения (различие в дозах, поглощённых различными областями тела – превышает 10-15 %) снижает поражающее действие излучения более чем в 3 раза по сравнению с равномерным облучением при одинаковой максимальной эквивалентной дозе.

В тоже время с удалением человека от источника изменяется спектрально-угловое распределение излучения, возрастает вклад рассеянных нейтронов. Это должно сказываться и на распределении дозовой нагрузки по телу, по крайней мере в тех случаях, когда вклад нейтронного компонента велик. За счёт образования под действием быстрых нейтронов с $E_n=14$ МэВ вторичного (захватного) гамма- излучения, как в воздухе так и в грунте, возможно существование значительно большей равномерности облучения при нейтронном боеприпасе чем при термоядерном. В действующих методиках прогнозирования и оценки радиационной обстановки [12] не учитываются особенности такого воздействия.

Данный факт обуславливает необходимость разработки моделей, учитывающих влияние пространственной неравномерности радиационного воздействия на радиобиологический эффект, для корректной оценки последствий радиационного поражения.

Анализ последних исследований и публикаций. В рамках исследования [5] распределения тканевой дозы от внешнего гамма-нейтронного излучения разного состава в модели тела человека были построены кривые выживаемости человека при облучении с различным соотношением γ/n . Эксперименты были проведены на небольших расстояниях без учёта особенностей распространения импульсного гамма-нейтронного излучения в атмосфере [11]. Согласно [1,6] на расстояниях, где суммарная доза равна примерно 200-500 бэр при мощности взрыва $0,1-10^3$ кт вклад дозы нейтронов и гамма-излучения изменяется от 4 до 80 и от 20 до 96%, соответственно. Причём вклад доз осколочного и вторичного гамма-излучения изменяется от 7 до 56 и от 13 до 40%, соответственно, что на взгляд автора, при раздельной

регистрации доз должно учитываться при разработке, градуировке и поверке войсковых дозиметров. В работе [9] исследованы соотношения доз гамма-нейтронного излучений от мощности наземного ЯВ. Авторы показывают, что соотношение дознейтронного и гамма-излучений в условиях применения ядерного оружия, когда проникающая радиация рассматривается какосновной поражающий фактор, составляет от 1 до 4. Данная модель неравномерности дозового распределения, учитывая боеприпасы сверхмалой мощности (до 1кТ), в действительности не учитывает особенности воздействия быстрых нейтронов, характерных для нейтронных боеприпасов, а значит значения перепадов дозовых компонент, приведённые в данных исследованиях, не корректно использовать для тактического ядерного оружия.

Таким образом, имеющаяся в открытой литературе информация по вопросу особенностей воздействия импульсного гамма-нейтронного излучения проникающей радиации (ПР) различных типов ядерных боеприпасов, соотношения дозовых компонент, учёта неравномерности облучения при оценки радиационных потерь– довольно противоречива и требует уточнений.

Цель работы: В рамках создания модели радиационного поражения на основе обобщённого дозиметрического функционала, проанализировать особенности пространственного распределения дозовой нагрузки импульсного гамма-нейтронного воздействия, за счёт соотношения дозовых компонентпроникающей радиации различных типов боеприпасов.

Основной материал. Наиболее корректным подходом к оценке поражающего действия совместного гамма-нейтронного излучения на человека по критерию «тяжесть и исход заболевания» целесообразно принять подход к определению поражающей дозы по Тарасенко [1]:

$$D_{\Sigma} = 1,7(\overline{D}_{\gamma} + \eta \cdot \overline{D}_{n})\Psi_{д}\Psi_{т} \quad (1)$$

где $\overline{D}_{\gamma}(\overline{D}_{n})$ – среднетканевые дозы гамма- и нейтронного излучений, соответственно, бРэ; η – коэффициент эффективности излучения для тела в целом (2,2-3); $\Psi_{д}$ и $\Psi_{т}$ – величины, характеризующие фактор эффективности распределения поглощённой дозы по длине и толщине туловища, соответственно (0,45-1).

В работе не даются пояснения использования данного модифицирующего фактора (эффективности распределения поглощённой дозы), однако он должен существенно влиять на тяжесть и исход заболевания.

Учет пространственного макрораспределения гамма-нейтронного излучения ПР путём воспроизведения геометрических параметров контролируемой области тела, например кожи, учет конфигурации и размеров тела человека и его органов, целесообразно проводить используя понятие коэффициента неравномерности.

В модели, предложенной Г.М. Аветисовым [8], неравномерное облучение крупных биообъектов рассматривается как плавный переход от равномерного облучения к локальному. Основными параметрами модели является коэффициент неравномерности облучения $K_{н}$ и индекс выраженности снижения биологического эффекта I :

$$K_{н} = \frac{D_{max}}{D_{min}} \quad I = \frac{D_{max}}{D_p} \quad (2)$$

где D_{max} и D_{min} – максимальная и минимальная поглощённые дозы в организме; D_p – доза в условиях равномерного облучения, при которой наблюдается та же выраженность биологического эффекта, что и при неравномерном облучении с данными $K_{н}$ и D_{max} . В соответствии с основными закономерностями радиобиологии индекс I растёт с увеличением неравномерности $K_{н}$. Сама модель представлена простой эмпирической зависимостью, связывающий индекс биологического эффекта с коэффициентом неравномерности

$$I = A \cdot \frac{1}{K_n}$$

(3)

где A – числовой коэффициент значение которого зависит от вида млекопитающего и направления перепада дозы по телу (вдоль продольной оси тела, по поперечной оси и т.п.). Для человека в случае облучения в направлениях, перпендикулярных продольной оси тела $A=2-5$. С радиобиологических позиций коэффициент A отражает наибольшую степень снижения биологического эффекта, которую можно получить при применении данного способа неравномерного воздействия. В исследованиях [5], приводятся ориентировочные данные коэффициента неравномерности с учётом угловой ориентации положения тела к воздействию гамма-нейтронному воздействию ПР.

В положении стоя грудью к источнику (рис.1), максимальная доза находится на передней поверхности тела с перепадом дозы грудь – спина равной 2,4 и максимальным перепадом по телу $K_n=3,6$. В положении стоя боком к источнику максимум дозы излучения локализуется на соответствующей боковой поверхности тела. Перепад дозы бок-бок равен 2,2, т.е немного меньше, а максимальный перепад $K_n=4,3$ – значительно больше, чем в случае облучения со стороны груди. В положении лёжа боком к источнику излучения максимум дозы по поверхности тела $K_n=2,5$, по объёму тела – 4,3.

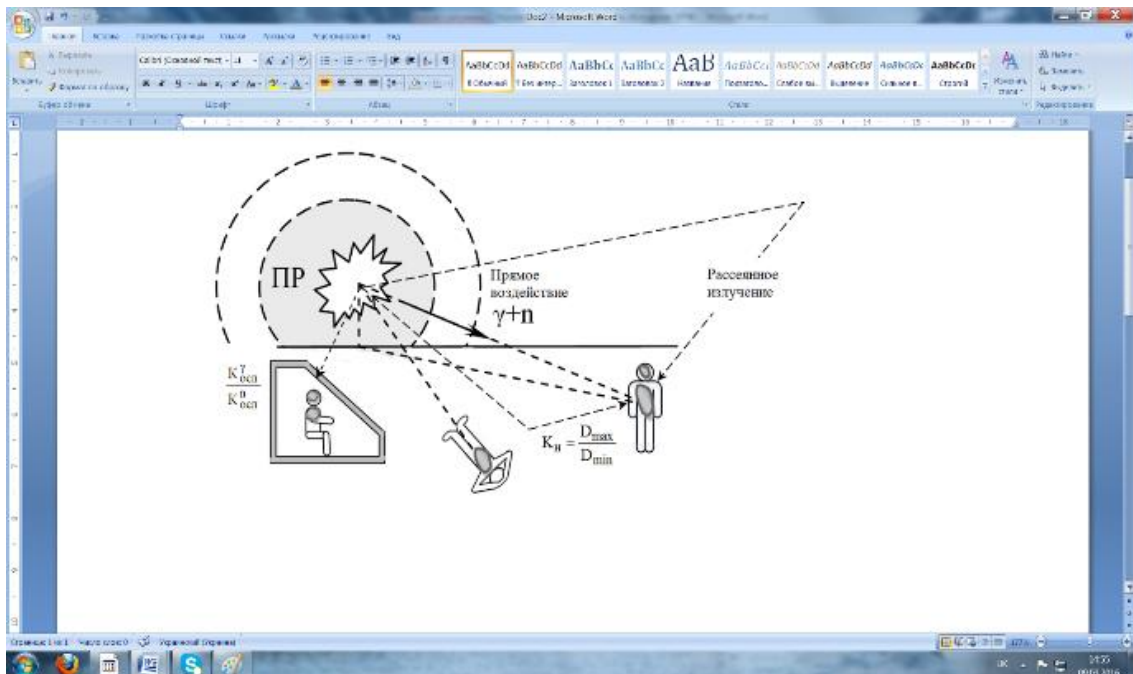


Рис.1. Распределение дозовой нагрузки по телу военнослужащего за счёт прямого и рассеянного гамма-нейтронного воздействия проникающей радиации

Однако в боевой обстановке чаще всего могут возникать сочетанные радиационные поражения с преимущественным воздействием на голову и развитием при достижении достаточной дозы церебрального и офарингеального синдромов. На втором месте по вероятности возникновения стоят варианты с преимущественным облучением живота и развитием при соответствующей дозе модифицированного кишечного синдрома [4].

Чтобы оценить возможный диапазон коэффициента неравномерности, вызванного соотношением дозовых компонент проникающей радиацией (γ/n), проведём анализ особенностей последствий облучений гамма-нейтронным излучением ПР на открытой местности на различных расстояниях от центра взрыва (табл.1). Воспользуемся данными приведёнными в работах [1,9,12], а также действующей 30% градацией степени ОЛБ от внешнего облучения [10,11].

Таблица 1

Ориентировочные дозы гамма-нейтронного облучения и их последствия на личный состав в зависимости от типа боеприпаса мощностью в 1 кт

Расстояние (м)	Ядерный (термоядерный) боеприпас		Нейтронный боеприпас	
	D ₅₀ (кЗв)	Последствия	D ₅₀ (кЗв)	Последствия
100	100	ОДБ крайне тяжелой степени тяжести, дееспособность сохранена или отсутствует	4000	неизбежная смерть
760	250	ОДБ средней степени тяжести, дееспособность частично сохранена	16000	инвалидность в полном объеме и потеря способности к физической и умственной деятельности и продолжению жизни длительнее 2-3 лет
760	150	ОДБ легкой степени тяжести, дееспособность сохранена или частично снижена	8000	потеря дееспособности через несколько часов, смертельная инвалидность через 2-6 суток
1200	100	ОДБ легкой степени тяжести, дееспособность сохранена или частично снижена	600	тяжелые функциональные нарушения в организме человека при уровне дозы 1-3 рад/час после облучения
1450	20	степень дееспособности сохранена	450	ОДБ тяжелой степени, степень дееспособности снижена
1750			200	ОДБ средней степени тяжести, дееспособность частично сохранена
1650			100	ОДБ легкой степени тяжести, дееспособность сохранена или частично снижена
2500			15	возможность сохранения органов, дееспособность сохранена

Анализ данной таблицы показывает, что очаги поражения, вызванные нейтронными боеприпасами по сравнению с очагами, вызванными ядерными (термоядерными) боеприпасами той же мощности, отличаются значительно большими дозами излучения (на одних и тех же расстояниях от центра взрыва) на личный состав, что отражается на степени дееспособности подразделений и частей. Невозможность станциям засечки параметров ядерных взрывов различить тип боеприпаса (термоядерный или нейтронный), безусловно, приведёт к существенным ошибкам в оценке радиационного поражения подразделений и частей за данными прогноза. На расстоянии 760 м разница в ожидаемой дозе может составить 53 раза (дееспособность сохранена – потеря дееспособности через несколько минут, смертельный исход через 2-6 суток). В этих случаях последствия такого воздействия могут проявиться только в медико-радиологических признаках - более выраженная первичная реакция с частой рвотой в первые 3-5 часов (отсутствие видимого латентного периода), глубокая адинамия.

Соотношение между дозами нейтронов и гамма-излучения в суммарной дозе ПР зависит от типа, мощности боеприпаса и расстояния от центра взрыва. На близких расстояниях от центра взрыва нейтронного боеприпаса в зоне смертельных и тяжёлых поражений доза нейтронов значительно превышает дозу гамма-излучения и только на границе лёгких поражений, по данным [9] на расстоянии 1500-1800 м, их значения будут приблизительно одинаковыми.

Пользуясь расчётными значениями доз облучения при воздушном взрыве нейтронного боеприпаса мощностью 1 кт получим зависимость отношения доз от расстояния для разного типа боеприпаса (рис.2).

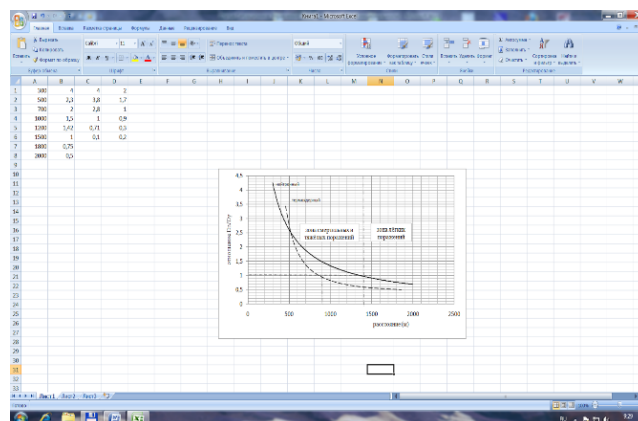


Рис.2. Сравнительная оценка отношения доз нейтронного и гамма-излучения

Для термоядерного взрыва граница дозового равновесия ($D_n \approx D_\gamma$) смещается к центру взрыва и составляет примерно 800-900 м. Анализ полученной зависимости (рис.3) показывает, что интересующая нас граница зоны смертельных и тяжёлых поражений напрямую связана с преобладанием нейтронной составляющей (до 4-х раз), а также биологической эффективностью нейтронного излучения (η), зависящего от характерного спектра данного типа боеприпаса– выражение (1).

С другой стороны, основной вклад в поглощённую дозу вторичного гамма-излучения вносят процессы неупругого соударения и захвата быстрых нейтронов ($E_n=14$ МэВ), характерных для спектра нейтронного боеприпаса. Вклад различных компонентов во вторичное (захватное) гамма-излучение приведён на рис.3, а также в табл.2 [1]

Таблица 2

Вклад различных компонентов в процентах в дозу вторичного гамма-излучения при взрыве на высоте 15 м

Расстояние, м	Вклад нейтронов, взаимодействующих с воздухом		Вклад нейтронов, взаимодействующих с грунтом		
	Быстрые нейтроны	Промежуточные нейтроны	Тепловые нейтроны	Суммарный вклад	Быстрые нейтроны
Источники нейтронов с энергией $E_n = 12,5-15$ МэВ					
50	54,0	1,0	0,5	55,5	40,0
200	79,0	1,8	1,1	81,9	11,4
400	81,4	2,1	2,0	85,2	7,0
800	82,5	1,7	3,0	87,5	5,0
1200	83,8	1,5	3,7	89,0	4,0
Источники нейтронов со спектром деления					
50	1,5	1,5	6,0	9,0	9,0
200	1,7	4,0	12,3	18,0	4,0
400	1,9	9,3	22,0	33,2	2,6
800	2,1	18,0	36,0	56,1	1,6
1200	2,1	22,0	49,0	73,1	1,1

Из приведенных данных видно, что основной вклад в поглощённую дозу вторичного гамма-излучения вносят процессы неупругого соударения и захвата быстрых нейтронов. Следует отметить, что по данным [27] на расстояниях менее

Анализ представленных данных показывает, что на близком расстоянии от центра взрыва значительный вклад в дозу создаётся при взаимодействии нейтронов с элементами земли, но с увеличением расстояния вклад этой компоненты быстро уменьшается. На расстоянии порядка 1200 м вклад от взаимодействия быстрых нейтронов с грунтом составляет только 4%, а от взаимодействия с элементами воздуха – 85%. Второй по значению вклад в дозу вторичного гамма-излучения создаётся на этом расстоянии от радиационного захвата тепловых нейтронов, однако он не превышает 10 %. Поэтому, можно предположить, что на расстояниях представляющих интерес с точки зрения тяжести радиационного поражения, помимо потока нейтронной составляющей ПР, значительное влияние оказывает именно вторичное (захватное) гамма-излучение высокой энергии (до 6,5 МэВ). Не подвергая сомнению, коэффициент качества данного фотонного излучения, проведём анализ возможного вклада данного излучения в создаваемую равномерность облучения на различных расстояниях от центра взрыва на открытой местности.

Используя экспериментальные данные зависимости коэффициента неравномерности

$K_{\text{н}} = \frac{D_{\text{max}}}{D_{\text{min}}}$ (перепад дозовой нагрузки от соотношения γ/n компонентов излучений полученных в работе [5], и рассчитанных значений соотношения дозовых компонент для боеприпасов мощностью 1 кт, приведённые на рис.2, проведём аппроксимацию значений коэффициента неравномерности облучения гамма-нейтронным воздействием ПР на открытой местности рис.3а. Зависимость индекса I (выражение 2) выражающего снижение биологической эффективности от расстояния до центра взрыва представлена на рис.3б.

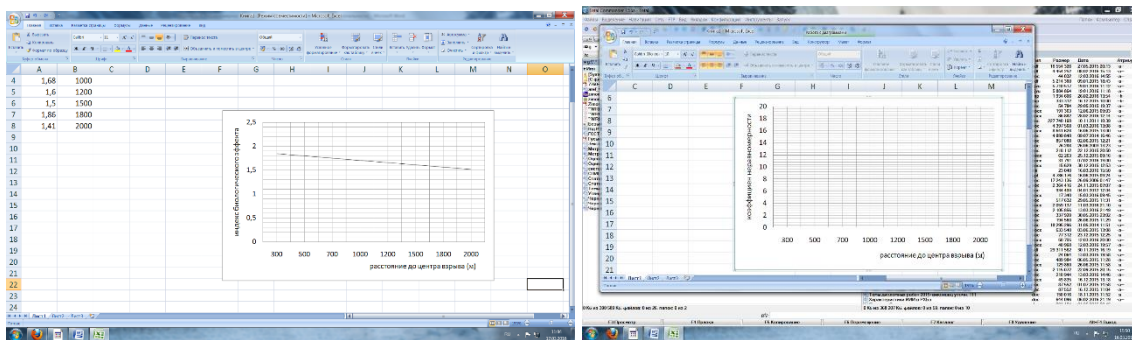


Рис. 3. Зависимости коэффициента неравномерности и индекса снижения биологического эффекта от расстояния до центра взрыва боеприпасов разного типа.

Анализ полученных зависимостей (рис.3), показывает, что коэффициент неравномерности снижается обратно квадрату расстояния до центра взрыва не только за счёт снижения нейтронной составляющей ПР, но и за счёт рассеянного излучения как для термоядерного так и для нейтронного боеприпаса. Несмотря на доминирование нейтронной компоненты для нейтронного боеприпаса, на расстояниях до 1500 м (рис. 3а), снижения неравномерности происходит значительно быстрее, за счёт присутствия в спектре излучения быстрых нейтронов с $E_n=14$ МэВ вызывающих при взаимодействии с воздухом и грунтом – вторичное(захватное) гамма- излучение со средней энергией излучения порядка 6,5 МэВ [1,11]. С расстояний начиная порядка 1500 м для нейтронного боеприпаса 1 кт, перепад дозовых нагрузок на открытой местности можно оценивать в диапазоне 1,5-3, что соответствует современным представлениям в радиологии [2,3,4] о равномерном облучении. Данная граница согласуется также с дозовым равновесием ($D_n \approx D_\gamma$) (рис.3), определяющим начало доминирования гамма-компоненты в смешанном излучении ПР.

Таким образом, проведённый анализ показывает, что коэффициент неравномерности связанный с соотношением дозовых компонент ПР и связанный с ориентацией человека в поле гамма-нейтронного излучения имеют примерно одинаковый порядок.

Выводы

1. Проведён анализ особенностей последствий облучений гамма-нейтронным излучением ПР на открытой местности на различных расстояниях от центра взрыва ядерных боеприпасов различного типа. При взрыве нейтронного боеприпаса очень высока доля крайне тяжелых форм лучевой болезни (церебральная, кишечная, токсемическая), характеризующихся быстрым и практически одномоментным выходом пораженных из строя, в то время как доля поражений средней и легкой степени тяжести, когда выход пораженных из строя отсрочен от момента воздействия проникающей радиации на несколько часов, сравнительно мала.

2. Для точного прогноза исходов радиационных поражений важна информация о соотношении дозовых компонент гамма-нейтронного излучения в суммарной поглощённой дозе. Невозможность различать тип боеприпаса, а значит и распределение по различным видам излучений их спектрально-энергетических характеристик, приводит к катастрофическим последствиям в оценке радиационного поражения подразделений и частей поданными прогноза.

3. Проведена сравнительная оценка отношения доз нейтронного и гамма-излучения, а также получены зависимости коэффициента неравномерности и индекса снижения биологического эффекта от расстояния до центра взрыва для боеприпасов разного типа. В целом облучение тела человека в поле излучения импульсного гамма-нейтронного излучения ПР нейтронного боеприпаса оказывается значительно более равномерным, чем в случаях облучения при взрыве термоядерного боеприпаса. Сказываются большие расстояния от центра взрыва и накопление рассеянного излучения, определяющего распределение дозовой нагрузки, а также вторичное (захватное) гамма-излучение.

4. Равноценная доза зависит от характеристик поля излучения, причем она не пропорциональна уровню облучения и не аддитивна для разных компонент ПР. Поэтому для определения равноценной дозы необходимо использовать фантомные измерения или расчеты распределения дозовой нагрузки по телу человека. Функционал объемного распределения дозовой нагрузки зависит от соотношения γ/n компонентов, которое зависит от расстояния до центра ядерного взрыва, от наличия рассеянного излучения; спектральных особенностей типа боеприпаса (наличие захватного гамма-излучения в воздухе и грунте); ориентации человека в поле гамма-нейтронного излучения; экранирования тела человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тарасенко Ю. Н. Ионизационные методы дозиметрии высокоинтенсивного ионизирующего излучения – М.: Техносфера, 2013. – 264 с.
2. Актуальные проблемы военной радиологии под ред. Нечаева Э.А. М., Воениздат, ЦВМУ МО, 1991.
3. Бадюгин И.С. Военная токсикология, радиология и защита от оружия массового поражения. М., Воениздат, 1992.
4. Куценко С.А., Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н. и др.. Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита: Учебник/ Под ред. С.А. Куценко. – СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2004. -528 с.
5. Дозовая нагрузка на человека в полях гамма-нейтронного излучения. М., Атомиздат, 1978.- 168 с. Авт.: Гозенбук В.Л., Кеирим-Маркус И.Б., Савинский А.К., Чернов Е.Н.
6. Тарасенко Ю.Н. Пепел Чернобыля. Сличения средств измерений ионизирующих излучений в зонах радиоактивного заражения после взрыва четвертого блока ЧАЭС. Москва: Техносфера, 2011.–232 с.
7. Кеирим-Маркус И. Б. Эквидозиметрий. - М.: Атомиздат, 1980, 191 с.
8. Гозенбук В.Л., Кеирим-Маркус И.Б. Дозиметрические критерии тяжести острого облучения человека. - М.: Энергоатомиздат, 1988. -184 с.
9. Васильев И.О., Лопатин Ю.В., Исследования полей нейтронного и гамма-излучений реактора с целью создания на нём рабочих эталонов единиц дозиметрических величин нейтронного и гамма-излучений/ Проблемы метрологии. Научно-технический журнал «Вестник Метролога» № 2, 2014 г. С. 12-17.
10. ГОСТ 25645.201-83. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете. Термины и определения.
11. Распространение ионизирующих излучений в воздухе / Климанов В.А., Коновалов С.А., Кочанов В.А. и др. Под ред В.И. Кухтевича и В.П. Машковича. – М.: Атомиздат, 1979. - 216 с.
12. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник/Под редакцией Г.П. Демиденко. 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1989.–287 с.

В.О. Маховський
к.т.н, доцент

О.А. Крюковська
к.т.н, доцент

ТЕХНОГЕННІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ

У статті наведено аналіз визначення аварій та нещасних випадків, а також їх наслідків, що можуть статися при експлуатації автозаправних станцій з урахуванням наступних факторів: вибухо- та пожежо-небезпечності речовин, що присутні на автозаправній станції, їх кількості, конструктивних особливостей устаткування та обладнання, фактичного стану обладнання, технічних та організаційних можливостей персоналу в цілому та по попередженню аварійних ситуацій. В процесі прогнозування виникнення аварійних ситуацій і аварій та розвитку аварій за тим чи іншим сценарієм було складено сценарії можливих аварій для кожної ділянки автозаправної станції. Було визначено зони різного ступеню руйнування та пошкодження будівель, споруд та устаткування, ураження людей під час вибухів, а також надані рекомендації щодо мінімізації рівня ризиків.

Ключові слова: автозаправна станція, аварія, аварійна ситуація, наслідки, ризики

TECHNOGENIK AND ECOLOGICAL RISKS DURING EXPLOITATION OF THE FILLING STATIONS

To the article the analysis of determination of accidents and accidents is driven, and also their consequences that can happen during exploitation of the filling stations taking into account next factors: explosive and resulting in a fire substances, that is present at the filling station, their amount, structural features of equipment and equipment, actual state of equipment, economic and organizational feasibilities of personnel on the whole and on warning of emergency situations. In the process of prognostication of origin of emergency situations and accidents and development of accidents on a that or other scenario the scenarios of possible accidents were made for every block of the filling station. The zones of different degree of destruction and damage of building, building and equipment and impression of people were certain during explosions, and also the given recommendations in relation to minimization of level of risks.

Keywords: the filling station, accident, emergency situation, consequences, risks

Вступ

Під час роботи автозаправної станції (АЗС) здійснюються наступні процеси: приймання бензинів різних марок та дизельного палива герметичним зливанням з бензовозу в резервуари; зберігання в підземних резервуарах окремо по маркам бензинів, дизельного пального; відпуск бензинів та дизельного пального – окремо по маркам через паливо-роздавальні колонки.

Основними умовами виникнення та розвитку аварій на АЗС є:

- 1) вибухо- та пожежонебезпечні властивості речовин (паливо-мастильних матеріалів), що присутні на АЗС;
- 2) наявність на АЗС великої кількості палива, що створює небезпеку аварійного викиду великої кількості вибухонебезпечної речовини в разі аварійної розгерметизації ємності;

3) можливість утворення вибухонебезпечного середовища усередині устаткування та транспортних ємностей (транспортування і зберігання палива здійснюється під атмосферним тиском);

4) періодичність мало автоматизованого процесу завантаження сховищ створює додаткову небезпеку переповнення сховищ;

5) постійна присутність на території АЗС джерела спалаху від автомобільного транспорту.

Небезпечність такого об'єкту обумовлена можливістю загибелі людей від дії вражаючих чинників, що утворюються в результаті аварії. Ступень небезпеки АЗС залежить від потужності аварії, яка кількісно характеризується габаритами зон розповсюдження вражаючих чинників, здатних смертельно вразити людину. Потужність аварії залежить від кількості небезпечної речовини, що приймає участь в утворенні вражаючих чинників. В свою чергу, кількість небезпечної речовини, що приймає участь в утворенні вражаючих чинників являє собою частку від загальної кількості небезпечної речовини, що приймає участь у аварії. Розмір цієї частки залежить від властивостей небезпечної речовини, умов виникнення аварії, характеру аварії (характеру вражаючого чинника). В таблиці 1 надано результати аналізу ступеня небезпеки АЗС з урахування ємності паливозаправника – 10 т, тобто найменування та сумарна маса небезпечних речовин, що спричиняють аварії та розміри зон дії вражаючих чинників або, іншими словами, якісні та кількісні характеристики можливих аварій, для яких було виконано прогнозування та розрахунки.

Постановка задачі

В процесі прогнозування виникнення аварійних ситуацій і аварій та розвитку аварій за тим чи іншим сценарієм було складено сценарії можливих аварій для кожного блоку автозаправної станції. Подібні сценарії були згруповані за типом і розподілені на найбільш небезпечні за своїми наслідками та на найбільш ймовірні. Складені сценарії надано в таблиці 2. За метою оцінки масштабів імовірних аварій було визначено зони різного ступеню руйнування та пошкодження будівель, споруд та устаткування і враження людей під час вибухів. Перелік методів розрахунку для визначення цих зон відповідно характеру можливих аварій надано в таблиці 3. Аналіз небезпеки та рівня ризику об'єкту підвищеної небезпеки виконувався за алгоритмами аналізу небезпеки зовнішніх впливів і аналізу небезпеки та ризику експлуатації потенційно небезпечного об'єкту.

Аналіз умов і оцінка ймовірності виникнення та розвитку аварій виконувалися методом будування логіко-ймовірнісних схем розвитку у вигляді „дерева відмов” та „дерева подій”, відповідно. В результаті побудування таких схем було визначено ймовірності реалізації всіх розглянутих відмов і подій.

Визначення індивідуального, територіального та соціального ризиків було здійснено для найбільших за масштабом аварій для кожного типу аварій за методами розрахунку, які перелічені в таблиці 4.

Результати роботи

Кількісні оцінки (результати розрахунків) рівня ризику аварій на АЗС надано в таблиці 5.

Розподілення ризику загибелі людини на АЗС на протязі одного року (поле потенційного територіального ризику) від аварій на найбільш небезпечному за масштабами аварій блоку суттєво залежить від місця розташування АЗС. Рівень соціального ризику (загибелі групи людей) у найгіршому аварійному випадку складає $4,172 \times 10^{-6}$ рік⁻¹ для 100 осіб, які перебувають або пересуваються поблизу АЗС (у радіусі 150 метрів).

Таблиця 1 – Результати аналізу ступеня небезпеки прогнозованих аварій для АЗС

Сце-нарій	Наслідк и (характер р аварії)	Основний вважаючий чинник	Кількість небезпечної речовини, що приймає участь у аварії, т		Вважаючі чинники аварії	
			загальн а	утворює вважаю чі чинники	Характеристи ка вважаючого впливу	Радіус зони враженн я, м
1	2	3	4	5	6	7
С1 Руйнування автоцистер ни з бензином	Пожежа розлитт я	Теплове випромінюван ня та відкрите полум'я пожежі	9,00	9,00	Руйнування сусідніх ємностей, безповоротні втрати людей ($q > 17 \text{ кВт/м}^2$)	24,03
					Спалах дерев'яних конструкцій, санітарні втрати людей ($q = 17,0 \div 12,9$ кВт/м^2)	28,57
					Опік 1-го ст. через 6-8 с Опік 2-й ст. через 12-16 с ($q = 12,9 \div 10,5$ кВт/м^2)	33,75
					Опік 1-го ст. через 15-20 с Опік 2-го ст. через 30-40 с ($q = 10,5 \div 7,0$ кВт/м^2)	45,71
					Ймовірність опіків 1-го ступеня складає 10 % ($q = 7,0 \div 4,2$ кВт/м^2)	63,99
					Безпечно для людини в брзентовому одязі ($q \leq 4,2$ кВт/м^2)	115,52

1	2	3	4	5	6	7
Руйнування автоцистерни з бензином	Вибух пароповітряної суміші на відкритому майданчику	Надмірний тиск вибуху Імпульс хвилі тиску	9,00	8,47	Повне руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P > 100$ кПа)	54,22
					Сильні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 100 \div 70$ кПа)	65,34
					Середні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 70 \div 28$ кПа)	111,47
					Руйнування легких конструкцій, санітарні втрати людей ($\Delta P = 28 \div 14$ кПа)	177,78
					Часткове руйнування скління ($\Delta P = 14 \div 5$ кПа). $\Delta P = 5$ кПа - нижня межа враження людини хвилею тиску	378,00

Продовження таблиці 1						
C2					Повне руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P > 100$ кПа)	1,30
					Сильні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 100 \div 70$ кПа)	1,92
					Середні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 70 \div 28$ кПа)	3,29
Вибух пароповітряної суміші всередині автоцистерни	Вибух пароповітряної суміші всередині автоцистерни	Надмірний тиск вибуху Імпульс хвилі тиску	0,0088	0,0026	Руйнування легких конструкцій, санітарні втрати людей ($\Delta P 28 \div 14$ кПа)	9,60
					Часткове руйнування скління ($\Delta P 14 \div 5$ кПа). $\Delta P = 5$ кПа - нижня межа враження людини хвилею тиску	16,80

Продовження таблиці 1						
	Вибух пароповітряної суміші на відкритому майданчику	Надмірний тиск вибуху Імпульс хвилі тиску	0,368	0,0368	Повне руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P > 100$ кПа)	18,63
					Сильні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 100 \div 70$ кПа)	22,43
					Середні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 70 \div 28$ кПа)	38,1
					Руйнування легких конструкцій, санітарні втрати людей ($\Delta P 28 \div 14$ кПа)	60,7
					Часткове руйнування скління ($\Delta P 14 \div 5$ кПа). $\Delta P = 5$ кПа - нижня межа враження людини хвилею тиску	135,0

1	2	3	4	5	6	7
С4	Вибух пароповітряної суміші всередині підземного сховища	Надмірний тиск вибуху Імпульс хвилі тиску	0,0078 5	0,0023 6	Повне руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P > 100$ кПа)	0,6 1
					Сильні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 100 \div 70$ кПа)	0,8 9
					Середні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 70 \div 28$ кПа)	1,5 3
					Руйнування легких конструкцій санітарні втрати людей ($\Delta P = 28 \div 14$ кПа)	4,4 5
					Часткове руйнування скління ($\Delta P = 14 \div 5$ кПа). $\Delta P = 5$ кПа - нижня межа враження людини хвилею тиску	7,7 9

C5	Пожежа розлиття	Теплове випромінювання та відкрите полум'я пожежі	0,137	0,137	Руйнування сусідніх ємностей, безповоротні втрати людей ($q > 17$ кВт/м ²)	1,1
Переповнення підземного сховища					Спалах дерев'яних конструкцій, санітарні втрати людей ($q = 17,0 \div 12,9$ кВт/м ²)	1,4
					Опік 1-го ст. через 6-8 с Опік 2-й ст. через 12-16с ($q = 12,9 \div 10,5$ кВт/м ²)	1,7
					Опік 1-го ст. через 15-20с Опік 2-го ст. через 30-40с ($q = 10,5 \div 7,0$ кВт/м ²)	2,2
					Ймовірність опіків 1-го ступеня складає 10% ($q = 7,0 \div 4,2$ кВт/м ²)	3,1
					Безпечно для людини в брезентовому одязі ($q \leq 4,2$ кВт/м ²)	5,7

1	2	3	4	5	6	7
Переповнення підземного сховища	Вибух пароповітряної суміші на відкритому майданчику	Надмірний тиск вибуху Імпульс хвилі тиску	0,0055	0,00055	Повне руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P > 100$ кПа)	4,6
					Сильні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 100 \div 70$ кПа)	5,8
					Середні руйнування споруд, безповоротні втрати людей ($\Delta P = 70 \div 28$ кПа)	9,5
					Руйнування легких конструкцій, санітарні втрати людей ($\Delta P 28 \div 14$ кПа)	15,2
					Часткове руйнування скління ($\Delta P 14 \div 5$ кПа). $\Delta P = 5$ кПа - нижня межа враження людини хвилею тиску	34,0

Продовження таблиці 2				
1	2	3	4	5
Підземне сховище			C5	<p>Переповнення підземного сховища бензином → вихід бензину на майданчик АЗС → утворення протоки бензину → запалювання протоки → враження тепловим випромінюванням та відкритим полум'ям пожежі людей на відкритому майданчику, дія пожежі на споруди. У разі виходу бензину без миттєвого запалення: випаровування бензину з поверхні розлиття → запалювання вибухонебезпечної суміші парів бензину з повітрям з наступним вибухом хмари та розвитком надмірного тиску → дія на людей та споруди високотемпературних продуктів згоряння та руйнування надмірним тиском вибуху обладнання та будівель, враження людей на відкритому майданчику.</p>
Паливно-роздавальна колонка (ПРК)			C6	<p>Руйнування ПРК або шлангу з паливом → вихід бензину на майданчик АЗС → утворення протоки бензину → запалювання протоки → враження тепловим випромінюванням та відкритим полум'ям пожежі людей на відкритому майданчику, дія на споруди. У разі виходу бензину без миттєвого запалення: випаровування бензину з поверхні розлиття → запалювання вибухонебезпечної суміші парів бензину з повітрям з наступним вибухом хмари та розвитком надмірного тиску → дія на людей та споруди високотемпературних продуктів згоряння та руйнування надмірним тиском вибуху обладнання та будівель, враження людей на відкритому майданчику.</p>

Таблиця 3 – Перелік використаних методів розрахунку кількісних характеристик вражаючих чинників у разі аварій

Найменування аварії	Найменування характеристик, що розраховувались	Методи розрахунків кількісних значень вражаючих факторів	
		Найменування	Нормативно-технічна документація
Вибух парів бензину (внаслідок розлиття)	Кількість парів над розлиттям	Загальні принципи кількісної оцінки вибухонебезпечності технологічних об'єктів.	НАОП 1.3.00-1.01-88 „Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежо-небезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв”, НАПБ Б.07.005-86. Определение категорий помещений и зданий по взрыво-пожарной и пожарной опасности.
	Ударна (вибухова) хвиля	Метод расчета параметров волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей в открытом пространстве.	ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля” Приложение Е
Пожежа розлиття бензину	Теплове випромінювання від полум'я	Метод расчета интенсивности теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ	ГОСТ Р 12.3.047-98 Приложение В

Таблиця 4 – Перелік використаних методів розрахунку рівня ризиків

Найменування ризику	Методи розрахунків рівня ризиків	
	Найменування	Нормативно-технічна документація
1	2	3
Ризик виникнення аварії	Метод определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожаровзрывоопасном объекте.	ГОСТ 12.1.004-91 „ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.” Приложение 3
Ймовірність виникнення пожежі (вибуху)	Метод определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожаровзрывоопасном объекте	ГОСТ 12.1.004-91 „ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.” Приложение 3
Індивідуальний ризик	Метод оценки индивидуального риска для наружных технологических установок.	ГОСТ Р 12.3.047-98 Приложение Э
Соціальний ризик	Метод оценки социального риска для наружных технологических установок.	ГОСТ Р 12.3.047-98 Додаток Ю

1	2	3
Територіальний ризик	Методичні вказівки по визначенню територіального ризику	Методика визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Затв. 04.12.02. Наказом Міністерства праці та соціальної політики України № 637.

Таблиця 5 – Ступінь небезпеки та рівень індивідуального ризику у випадку аварій на АЗС

Назва аварійного блоку та сценарію розвитку аварії	Наслідки аварії	Габарити зон дії вражаючих чинників, м	Значення „пробіт”_ функції	Ймовірність враження людини	Ймовірність розвитку аварії за відповідним сценарієм протягом року	Індивідуальний ризик R від аварії протягом року в межах відповідних зон від дії всіх вражаючих чинників
1	2	3	4	5	6	7
Вузол розвантаження автоцистерни з бензином у підземні сховища С1. Руйнування автоцистерни	Пожежа розлиття	24,03	3,06600	0,02656	$4,17 \times 10^{-6}$	$r=24,03$
		28,57	2,14058	0,00212		м $R=0,126 \times 10^{-7}$
		33,75	1,42779	0,00018		м $R=0,119 \times 10^{-7}$
		45,71	0,07046	0		$r=33,75$
		63,99	-	0		м $R=0,118 \times 10^{-7}$
		115,52	5,43462	0		$r=54,22$
	Вибух пароповітряної суміші на відкритому майданчику	54,22	7,84315	0,99777	$0,24 \times 10^{-8}$	м $R=0,118 \times 10^{-7}$
		65,34	7,37640	0,99126		$r=65,34$
		111,47	5,88296	0,81137		м $R=0,116 \times 10^{-7}$
		177,78	4,47342	0,29924		$r=111,47$
		398,00	2,25069	0,00299		$r=177,78$
						м $R=0,970 \times 10^{-8}$
						$r=398,00$
						м $R=0,360 \times 10^{-8}$

Висновки

В результаті аналізу ризиків АЗС, як об'єкту підвищеної небезпеки другого класу, у порівнянні з нормативними значеннями прийнятних та неприйнятних рівнів ризиків, можна зробити висновок, що рівні ризиків декларованого об'єкту знаходиться в межах прийнятних значень. З метою підтримки такого рівня ризику під час будівництва АЗС необхідно

дотримуватися вимог Будівельних норм та правил. У великих містах АЗС слід розміщувати вздовж магістральних вулиць загальноміського та районного значення, в середніх та малих містах – вздовж магістральних вулиць та доріг, а також вулиць та доріг промислових та комунально-складських зон та на їх територіях. Розміщувати АЗС на пішохідних вулицях та проїздах всередині жилих кварталів забороняється. Територія АЗС необхідно спланувати так, щоб унеможливити розтікання пролитого палива як на території АЗС, так і за їх межами. Для цього на території АЗС необхідно влаштовувати водонепроникне покриття проїзної частини, а також технологічних майданчиків. Резервуари палива необхідно встановлювати в основному підземно. Відстань між резервуарами приймати рівної діаметру найбільшого резервуару.

Враховуючі вибухопожеженебезпечний характер автозаправної станції у разі розлиття паливно-мастильних матеріалів їх частка здатна потрапити у будь-які водоймища. Таким чином, в результаті будь-яких аварій на АЗС (пожежа, вибух) постраждають рослини та птахи, які опиняться в зоні дії вражаючих чинників, та буде нанесена шкода докільню. Взагалі АЗС є одним із джерел забруднення навколишнього середовища, як фізичного, так і хімічного. Зважаючи на часту наближеність цих об'єктів до житлових забудов, питання про підвищення їх екологічної безпеки є дуже актуальним. Цього можливо досягти шляхом запровадження системи екологічного менеджменту (СЕМ), яка дасть можливість звести до мінімуму негативний вплив АЗС на навколишнє середовище; знизити ризики для здоров'я працівників та населення прилеглих територій; зменшити ризики нештатних та аварійних ситуацій; підвищити ефективність роботи АЗС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / Бесчастнов М.В.-М.: Химия. 1991.– 432с.
2. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: НПАОП 0.00-1.41-88. М.: Металлургия, 1988. – 60 с.
3. Бегун В.В. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посібник / В.В. Бегун, І.М. Науменко. – К., 2004. – 328 с.

А.Я. Регуш
канд. техн. наук

В.І. Желяк
канд. техн. наук, доцент

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

В статті наведений порівняльний аналіз формул для гідравлічного розрахунку автоматичних систем водяного пожежогасіння. Показано, що занижені результати втрат напору дає формула Хазена-Вільямса, яка наведена у ДСТУ Б EN 12845:2011. Враховуючи особливі умови функціонування спринклерних систем, рекомендується втрати напору по довжині трубопроводів обчислювати за формулою Ф.О. Шевелева.

Ключові слова: *спринклерні системи, втрати напору, гідравлічний розрахунок.*

RECOMMENDATIONS FOR HYDRAULIC CALCULATION OF AUTOMATIC SYSTEMS AQUATIC FIREFIGHTING

In the article the comparative analysis of formulas is resulted for the hydraulic calculation of the automatic systems aquatic firefighting. It is shown that the formula of Hazen-Williams, which is resulted in DSTU EN 12845:2011, has the least exactness of calculations. Taking into account the special operating of the systems of sprinklers conditions, it is recommended on length of pipelines to calculate of the head losses from the Shevelevs formula.

Keywords: sprinkler systems, head loss, hydraulic calculation.

Розробка нових, вдосконалення та підвищення рівня надійності роботи існуючих систем протипожежного захисту є пріоритетним напрямком досліджень наукових установ, які працюють в області цивільного захисту. При цьому, враховуючи тенденцію інтегрування України у європейське співтовариство, враховуються відповідні стандарти та норми Євросоюзу. Так, в частині гідравлічного розрахунку систем водопостачання, впроваджені такі документи, як ДБН В. 2.5–74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», ДБН В. 2.5–64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація», ДСТУ 4401–1:2005 «Кран-комплекти пожежні. Частина 1. Кран-комплекти пожежні з напівжорсткими рукавами. Загальні вимоги», ДСТУ 4402–1:2005 «Кран-комплекти пожежні. Частина 2. Кран-комплекти пожежні з плоскоскладаними рукавами. Загальні вимоги» в яких враховано ряд рекомендацій відповідних Європейських норм. Проте, детальний аналіз залежностей для гідравлічного розрахунку водопровідних мереж, в тому числі і протипожежних, показує, що дані документи містять деякі незручності та невизначеності, що впливають на якість прийнятих проектних рішень [1,2].

Із введенням ДСТУ Б EN 12845:2011 «Стационарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування» фахівці отримали ґрунтовні настанови з проектування автоматичних систем водяного пожежогасіння. При чому, даний ДСТУ є тотожним перекладом EN 12845:2004+A2:2009 Fixed firefighting systems – Automatic sprinkler systems – Design, installation and maintenance. По суті зроблено спробу повністю перенести європейські норми до вітчизняної практики проектування. Поряд із явними позитивними якостями даного документа (ретельна класифікація типових пожежонебезпечних приміщень, рекомендації щодо розміщення спринклерів та відстані між ними та ін.) ДСТУ Б EN 12845:2011 має ряд суттєвих протиріч по відношенню до наведених

вище національних ДБНів з водопостачання та існуючих уявлень про гідравлічний розрахунок трубопроводних мереж.

Так у п. 13.2 «Розрахунок втрат тиску у трубопроводах» вказано, що при гідравлічному розрахунку трубопроводів системи автоматичного спринклерного пожежогасіння втрати тиску на тертя не повинні бути меншими за значення, отримане за формулою Хазена-Вільямса:

$$p = \frac{6,05 \times 10^5}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \times Q^{1,85}, \quad (1)$$

де p – значення втрат тиску на тертя в трубопроводах, *бар*; Q – витрата води в трубопроводі, *л/хв*; d – середній внутрішній діаметр трубопроводу, *мм*; C – константа, яка залежить від типу та стану труби (коефіцієнт шорсткості); L – еквівалентна довжина трубопроводу та фасонних елементів, *м*.

Отже, фактично ДСТУ Б EN 12845:2011 зобов'язує втрати тиску по довжині в трубопроводній мережі розраховувати за наведеною вище формулою, що зрозуміло викликає певне нерозуміння у фахівців з гідравліки.

Добре відомо, що формула Хазена-Вільямса являється емпіричною формулою, отриманою авторами у 1906 році в результаті математичної обробки великої кількості дослідних даних напірної течії води в трубопроводах круглого поперечного перерізу. В представленому вигляді формула (1) встановлює зв'язок між втратами тиску, геометричними властивостями трубопроводу і витратою води у ньому. Завдяки своїй очевидній простоті формула (1) знайшла широке застосування для гідравлічного розрахунку трубопроводів призначених в основному для транспортування води (системи водопостачання, спринклерні системи пожежогасіння, зрошувальні системи та ін.). Для свого часу застосування формули Хазена-Вільямса в інженерних розрахунках було виправдане, оскільки на той час були відсутні достовірні теоретичні та експериментальні дослідження закономірностей течії рідин у реальних трубопроводах та руслах.

Таким чином, результати гідравлічних розрахунків, отримані за рекомендованою у ДСТУ Б EN 12845:2011 методикою, мають наближений характер, оскільки не враховується температура, а отже і в'язкість води, функціональна залежність коефіцієнта шорсткості C від числа Рейнольдса Re . Крім цього не встановлені межі застосування цієї формули.

До набрання чинності ДСТУ Б EN 12845: 2011 діяли вимоги ДБН В. 2.5–13–98* «Пожежна автоматика будинків і споруд». В цьому документі зазначено, що трубопроводи належить проектувати із сталевих труб, при цьому втрати напору по довжині h , *м*, на розрахункових ділянках трубопроводу рекомендується визначати за формулою:

$$h = \frac{Q^2}{B}, \quad (2)$$

де Q – витрата води на розрахунковій ділянці, *л/с*; B – характеристика трубопроводу, яка визначається за формулою:

$$B = \frac{k_1}{l}, \quad (3)$$

де k_1 – коефіцієнт, який приймається з таблиці Б.7 ДБН В. 2.5–13–98* в залежності від ГОСТу труби та її діаметру; l – довжина розрахункової ділянки, *м*.

По суті формула (2) є видозміненим аналогом формули

$$h = S_0 l Q^2, \quad (4)$$

де S_0 – питомий опір трубопроводу, який залежить від матеріалу та діаметру труб і наводиться в спеціальній літературі (наприклад [3]). Таким чином, зв'язок між k_1 та S_0 встановлюється за формулою $k_1 = \frac{1}{S_0}$.

В свою чергу, формула (4) є зручним для інженерних розрахунків представленням загально відомої з класичної гідравліки формули Дарсі-Вайсбаха. В такому разі

$$S_0 = \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5}, \quad (5)$$

де d – розрахунковий внутрішній діаметр трубопроводу, м; λ – коефіцієнт гідравлічного тертя, який в загальному випадку для турбулентної течії залежить від відносної шорсткості труби ε та числа Рейнольдса Re .

Оскільки, коефіцієнт k_1 у формулі (3) є величиною сталою для даного діаметра, то в ДБН В. 2.5–13–98* апріорно приймається квадратична область опору в якій $\lambda = f(\varepsilon)$. Монтаж внутрішніх систем спринклерного пожежогасіння, як правило, ведеться з нових сталевих труб, які працюють в перехідній області гідравлічного тертя. Проте, при тривалій експлуатації відбувається корозія стінок труб та утворення на них відкладів. Це в свою чергу приводить до збільшення шорсткості стінок, а отже, і збільшення значення коефіцієнту λ . Тому в інженерній практиці гідравлічний розрахунок спринклерних мереж проводять як для труб, що були в експлуатації.

В такому разі для визначення питомих опорів трубопроводів при проектуванні автоматичних спринклерних систем доцільно скористатись апробованими в практиці водопостачання методиками. В результаті проведених досліджень на старих сталевих трубах і обробки експериментальних даних на основі теорії подібності Ф.О. Шевелев отримав формулу

$$S_0 = \frac{0,001735}{d^{5,3}}, \quad (6)$$

яку протягом останніх 50-ти років застосовують в інженерній практиці [4]. Формула (6) відображає квадратичний закон опору і справедлива для швидкостей руху води $v \geq 1,2$ м/с, які саме мають місце в трубопроводах спринклерних систем пожежогасіння, еквівалентної шорсткості труби $\Delta_{екв} = 1$ мм та кінематичної в'язкості води $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6}$ м²/с (при температурі 10⁰С). При цьому, за рекомендацією Ф.О. Шевелева, для сталевих труб діаметром менших за 300мм при розрахунках враховується зменшення внутрішнього діаметру на 1 мм за рахунок корозії або відкладів.

Кількісно оцінити результати застосування формул (1), (2) і (6) при проектуванні систем спринклерного пожежогасіння можна проаналізувавши залежність гідравлічного похилу i від витрати Q для різних діаметрів труб: $i = f(Q)$. До розрахунків прийнято труби згідно ГОСТ 10704, рекомендовані ДБН В. 2.5–13–98* до проектування автоматичних спринклерних систем пожежогасіння; типорозміри труб охоплюють практично весь діапазон діаметрів; діапазон витрат відповідає швидкостям $v = 1,2 \div 10$ м/с. Результати обчислень представлені на рисунку.

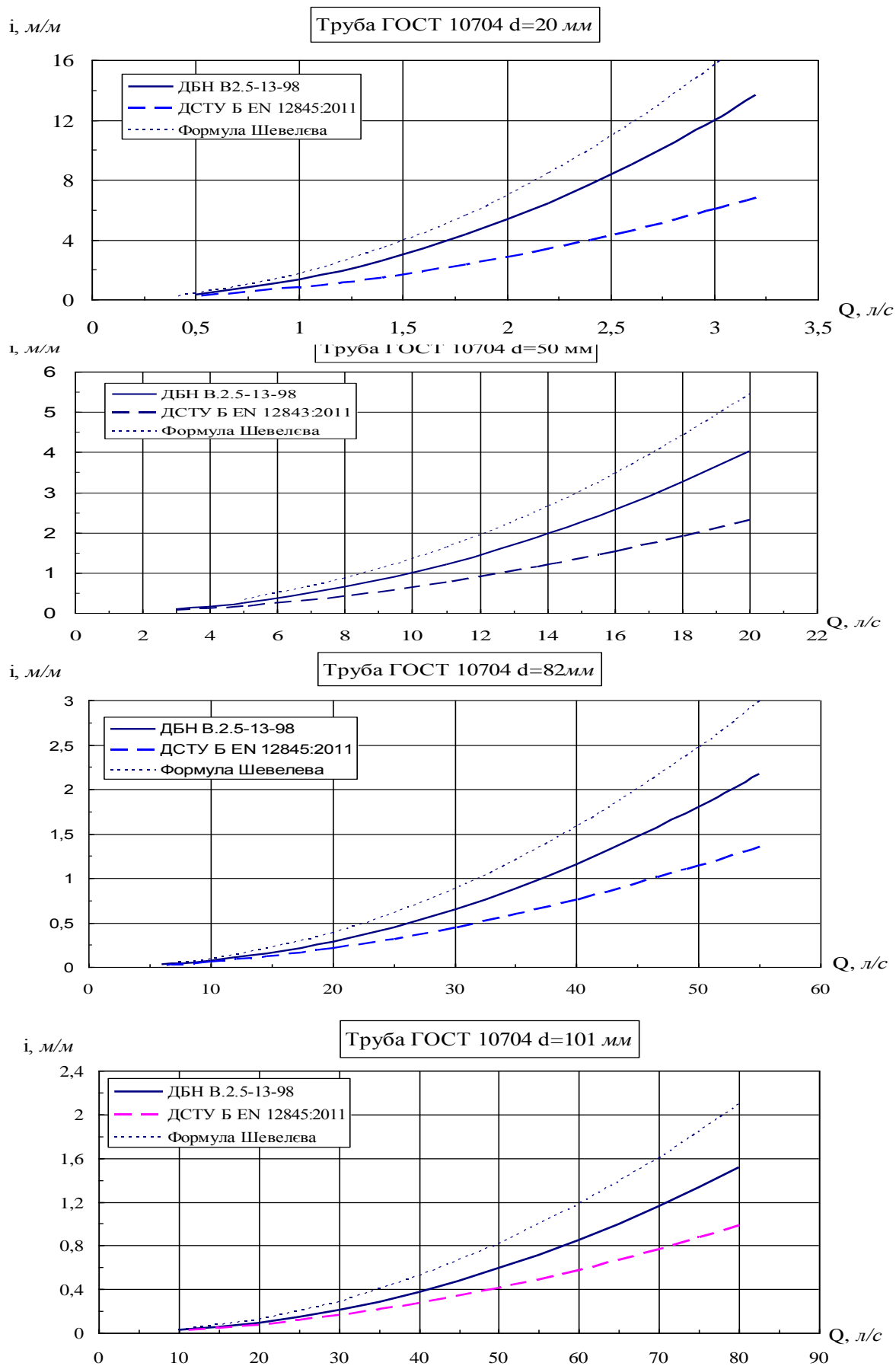


Рис. Залежності $i = f(Q)$ для труб $d = 20$ мм, $d = 50$ мм, $d = 82$ мм та $d = 101$ мм обчислені із використанням формул (1), (2) та (6).

Взаєморозміщення кривих, зображених на рисунку, показує, що в усьому діапазоні витрат найменші значення витрат напору дає формула Хазена-Вільямса.

Втрати напору, які отримані за формулою рекомендованою у ДБН В. 2.5–13–98*, очевидно обчислені для значення еквівалентної шорсткості, що є значно меншою за 1 мм. У даному випадку можна передбачити, що при визначенні питомих опорів труб у формулі (5) приймалася еквівалентна шорсткість на рівні 0,1 мм, яка рекомендується для сталевих труб що були в експлуатації більшістю довідникових літературних джерел.

Таке допущення, на нашу думку, є неприйнятним. Умови роботи спринклерних систем пожежогасіння значно відрізняються від інших водопровідних систем. По суті, система працює тільки під час випробовування та планових перевірок її роботи, що звичайно буває не частіше раз на рік. Відомо, що якість води змінюється тим більше, чим довше вода перебуває в трубопроводній мережі. Оскільки, спринклерні мережі трубопроводів прокладаються в середині приміщень що опалюються, температурний режим сприяє пришвидшенню у воді хімічних і біологічних процесів. Ці фактори сприяють більш інтенсивній корозії і утворенню відкладів, що збільшують абсолютну, а отже і еквівалентну шорсткість труб. Таким чином, прийняте Ф.О. Шевелевим значення $\Delta_{екв} = 1 \text{ мм}$ є більш реалістичним, хоча останні дослідження на натурних трубопроводах дають і більші її значення [5].

Аналіз представлених графічних залежностей показує, що при швидкостях $v \geq 1,2 \text{ м/с}$ відносна похибка між втратами напору обчислених за формулою Хазена-Вільямса і за формулою (2) перевищує 10%, із збільшенням швидкості до рекомендованих 10 м/с похибка збільшується до 35%. Відносна похибка між втратами напору обчислених за формулою Хазена-Вільямса і за формулою (4), обчисленої за рекомендаціями Ф.О. Шевелева, в даному діапазоні швидкостей збільшується від 30% до 60%. Дана тенденція типова і для інших діаметрів трубопроводів не представлених на рисунку.

Оскільки, надійність роботи системи пожежогасіння у великій мірі залежить від точності гідравлічних розрахунків, виникає необхідність надання рекомендацій по вибору залежностей для визначення витрат напору в трубопроводних системах, від яких, в свою чергу, залежить і вибір насосного обладнання. Таким чином, проаналізувавши все вище наведене, можна зробити наступні висновки:

- формула Хазена-Вільямса, яка рекомендована в ДСТУ Б EN 12845:2011, через свій наближений характер, не може бути використана для визначення витрат напору в системах спринклерного пожежогасіння;
- для забезпечення необхідних витрат на пожежогасіння гідравлічний розрахунок трубопроводів автоматичних спринклерних систем слід виконувати із використанням формули (6).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Желяк В.І. Аналіз залежностей для гідравлічного розрахунку водопровідних мереж з пластмасових труб наведених в нормативній базі / В.І. Желяк, А.Я. Регуш // Вісник ОДАБА. Випуск №59. Одеса, вид-во ОДАБА. – 2015. – С. 311 – 315.
2. Желяк В.І. Особливості гідравлічного розрахунку системи внутрішньоквартирного пожежогасіння / В.І. Желяк, О.В. Лазаренко, А.Я. Регуш // Збірник наукових праць ЛДУ БЖД "Пожежна безпека." – 2015. – № 26 – С. 65–70.
3. Справочник по гидравлике / [под ред. В.А. Большакова]. – К.: Вища школа, 1984. – 343 с.
4. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. / Ф.А. Шевелев – М.:Стойиздат, 1973. – 112с.
5. Петросов В.А. Устойчивость водоснабжения. / В.А. Петросов. – Х., издательский дом «Фактор», 2007. – 360с.

ЗРОСТАННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У КОМУНАЛЬНОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ ЯК ОБ'ЄКТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ УРІЗНОМАНІТНЕННЯ ФОРМ ГОСПОДАРЮВАННЯ

Водопровідно-каналізаційне господарство, будучи однією із основних систем життєзабезпечення міських агломерацій, належить до об'єктів критичної інфраструктури. Адже недієздатність або знищення системи водопостачання та водовідведення міських населених пунктів і прилеглих до них територій практично унеможливить не лише функціонування будь-якого промислового сектора, але й проживання в них населення, тобто це глобальна загроза національній безпеці держави в цілому.

У Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 р. зазначається, що із загальної кількості надзвичайних ситуацій техногенного характеру протягом останніх п'яти років майже 19% склали надзвичайні ситуації, пов'язані з функціонуванням систем життєзабезпечення населення. При цьому причиною виникнення переважної більшості з них стали незадовільний технічний стан виробничих споруд, конструкцій, обладнання, високий рівень їх зношеності (насамперед – через закінчення нормативних термінів експлуатації), невиконання нормативних обсягів планово-попереджувальних ремонтів, порушення регламентів експлуатації та недостатній рівень надійності функціонування в умовах екстремальних природних явищ. Зокрема, із загальної протяжності водопровідних мереж (180 950,8 км) в аварійному стані знаходилось 69 821,6 км або 38,2%, 25% водопровідних очисних споруд потребували відновлення, 20% насосних станцій відпрацювали свій нормативний термін, а 40% насосних агрегатів потребували заміни. Технічний стан об'єктів водовідведення також характеризувався високим ступенем зношеності: в аварійному стані знаходилось 18 893,2 км або 36,8% від їх загальної протяжності (51 396,8 км), а 35% каналізаційних насосних агрегатів потребували заміни. Загалом, у доповіді відмічається, що потужність водопровідних і каналізаційних очисних споруд, яка потребує реконструкції, сягає 25%.

За таких умов завдання підвищення рівня надійності та захисту вітчизняних систем водопостачання та водовідведення як об'єктів критичної інфраструктури набуває все більшої актуальності. При цьому доцільно зауважити, що станом на сьогоднішній день в Україні не здійснюється комплексна (координована) оцінка ризиків втрати чи ушкодження таких об'єктів. Це викликає надзвичайну тривогу, адже умови господарювання у секторі водопостачання та водовідведення протягом останніх років почали істотно змінюватись. Оскільки комунальні водопостачальні підприємства через нестачу державних дотацій самостійно неспроможні вирішувати назрілі проблеми щодо відновлення мереж водопостачання та водовідведення, заміни (модернізації) насосного обладнання тощо, то з цією метою почалося залучення на водний ринок приватних операторів (як приклади – оренда систем водопостачання та водовідведення в Одесі, Кіровограді тощо, передача водоканалів Бердянська, Северодонецька, Артемівська тощо в концесію).

Логічно, що під час такої співпраці приватні компанії цікавлять, насамперед, якомога швидше повернення інвестицій та отримання прибутку, а не першочергове забезпечення належного рівня надійності технічних систем, що обумовлює зростання ризиків недотримання вимог промислової та цивільної безпеки, збільшення числа аварій і виникнення надзвичайних ситуацій. Тому, на нашу думку, контракти про співпрацю між муніципалітетом і приватною компанією у сфері комунального водопостачання повинні обов'язково містити позиції, які враховують особливості систем водопостачання та водовідведення як об'єктів критичної інфраструктури. Навіть поверхневе опрацювання Цивільного кодексу України дозволяє

сформулювати ті з них, які повинні бути обов'язково включеними у відповідний розділ контракту із приватними операторами:

- організація та здійснення у разі виникнення надзвичайної ситуації евакуаційних заходів щодо працівників і майна підприємства;

- проведення оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на спорудах систем водопостачання та водовідведення, де можливе виникнення аварії або надзвичайної ситуації; підготовка та реалізація заходів щодо неперевищення прийнятих рівнів таких ризиків;

- здійснення навчання працівників із питань цивільного захисту, у тому числі правилам техногенної та пожежної безпеки;

- розроблення планів локалізації та ліквідації наслідків аварій на спорудах водопостачання та водовідведення, де можливе виникнення аварії або надзвичайної ситуації;

- проведення об'єктових тренувань і навчань із питань цивільного захисту;

- здійснення заходів цивільного захисту, які зменшують рівень ризику виникнення аварій і надзвичайних ситуацій;

- забезпечення безперешкодного доступу посадових осіб органів державного нагляду, працівників аварійно-рятувальних служб, з якими укладені угоди про аварійно-рятувальне обслуговування водопостачального підприємства, для проведення обстежень на відповідність протиаварійних заходів планам локалізації і ліквідації наслідків аварій на спорудах водопостачання та водовідведення, де можливе виникнення аварій або надзвичайних ситуацій;

- забезпечення дотримання вимог законодавства щодо створення, зберігання, утримання, використання та реконструкції захисних споруд цивільного захисту;

- здійснення обліку захисних споруд цивільного захисту, які перебувають на балансі (утриманні);

- дотримання протиепідемічного режиму;

- створення і використання матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

- розроблення заходів щодо забезпечення належного рівня пожежної безпеки, впровадження досягнень науки та техніки, позитивного досвіду зарубіжних країн;

- розроблення та затвердження інструкцій та видання наказів з питань пожежної безпеки, здійснення постійного контролю за їх виконанням;

- забезпечення виконання законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки, а також виконання приписів, постанов та розпоряджень центрального органу виконавчої влади, який здійснює державний нагляд у сферах техногенної та пожежної безпеки;

- утримання у справному стані засобів цивільного та протипожежного захисту, недопущення їх використання не за призначенням;

- здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж і використання для цієї мети виробничої автоматики;

- своєчасне інформування відповідних органів та підрозділів цивільного захисту про несправність протипожежної техніки, систем протипожежного захисту, а також про закриття доріг і проїздів на території підприємства.

Концепція критичної інфраструктури в області водопостачання та водовідведення повинна базуватись, насамперед, на координації зусиль органів влади та самих комунальних водопостачальних підприємств, спрямованих на недопущення втрати чи завдання невідправної шкоди відповідним інженерним системам. Кодексом цивільного захисту України на органи місцевого самоврядування покладено цілий спектр завдань, до основних із яких (в умовах залучення приватного сектора у водний сектор) можна віднести:

- забезпечення належного рівня цивільного захисту на відповідній території;

- забезпечення виконання певних завдань спеціально створеними для цього ланками територіальних підсистем;

- забезпечення реалізації вимог техногенної та пожежної безпеки на суб'єктах господарювання, які можуть створити реальну загрозу виникнення аварії чи надзвичайної ситуації;

- розроблення та реалізація програм і планів заходів у сфері цивільного захисту, зокрема спрямованих на захист населення і територій від надзвичайних ситуацій, запобігання їх виникненню, а також забезпечення техногенної та пожежної безпеки;
- організація робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на відповідній території міст, селищ і сіл, захисту населення та інженерного захисту територій від наслідків таких ситуацій;
- організація та керівництво проведенням відновлювальних робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- організація та здійснення евакуації населення та майна у безпечні райони, їх розміщення та життєзабезпечення населення;
- контроль за станом навколишнього природного середовища, санітарно-гігієнічною та епідемічною ситуацією;
- розроблення та здійснення заходів, спрямованих на забезпечення сталого функціонування суб'єктів господарювання, що належать до сфери їх управління, в особливий період;
- створення та використання матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- забезпечення соціального захисту постраждалих внаслідок надзвичайної ситуації, зокрема виплати матеріальної допомоги;
- створення у містах комісій з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій, а в разі виникнення надзвичайної ситуації – спеціальних комісій із їх ліквідації (за потреби), забезпечення їх функціонування тощо.

Тобто в умовах урізноманітнення форм господарювання у секторі комунального водопостачання, пов'язаних із залученням у нього приватних операторів, завдання забезпечення належного рівня безпеки та надійності, у тому числі за рахунок оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на спорудах і мережах систем водопостачання та водовідведення, а також підготовки та реалізації заходів щодо неперевищення прийнятих їх рівнів повинне бути чітко та однозначно сформульованим у відповідному розділі контракту про співпрацю між муніципалітетом та приватною компанією у вигляді розробленого та погодженого комплексу відповідних зобов'язань приватного партнера.

О.В.Пуляк
канд. пед. наук, доцент

С.М.Богомаз-Назарова
канд.пед.наук

ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ДО ДІЙ В УМОВАХ ЗАГРОЗИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

У статті аналізуються особливості підготовки студентів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій, визначається важливість відповідного рівня культури безпеки, вихованості та готовності сучасної молоді до життя і діяльності в складних умовах загрози надзвичайних ситуацій, також визначено систему формування готовності до підготовки учнів до відповідних дій.

Ключові слова: *підготовка, професійна готовність, загроза, надзвичайна ситуація*

PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS TO ACT IN THE FACE OF THREATS OF EMERGENCY SITUATIONS

In the article the features of preparation of students to react to a threat of emergencies, determined the importance of an appropriate level of safety culture, politeness and willingness of today's youth to live and work in difficult conditions the threat of emergency situations, as defined system of formation of readiness to prepare students for appropriate action.

Keywords: training, professional readiness, danger, emergency

В умовах стрімких змін у сучасному суспільстві виникає необхідність модернізації існуючої системи вищої педагогічної освіти, та має сформувані такі нові якості майбутніх фахівців, як професійна мобільність, конструктивність, креативність тощо. Майбутні фахівці мають володіти новими технологіями, бути здатними мобілізувати свій особистісний потенціал для самостійного вирішення нових професійних задач щодо дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій.

На переконання провідних вчених, що займаються проблемами дидактики вищої професійної школи (Алексюка А.М. [2], Вишневського О.І. [4], Слєпкань З.І. [5], Туркот Т.І. [3] та ін.) зміст навчання у професійній школі визначається двома вимогами, кожна з яких у ряді випадків претендує на пріоритетне значення з вагомими аргументами з обох сторін. З одного боку – це виховання та розвиток особистості, а з другого – підготовка висококваліфікованого фахівця. Дидактичні дослідження, спрямовані на органічне поєднання цих обох вимог, ще не мають кінцевого єдиного вирішення, а особливо це стосується підготовки майбутніх вчителів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій.

Отже відповідний рівень культури безпеки, вихованості та готовності сучасної молоді до життя і діяльності в складаних умовах загрози надзвичайних ситуацій, має досягатися завдяки професійній діяльності вчителів у навчальних закладах різного типу і профілю.

Тому на сучасному етапі розвитку держави виникла нагальна потреба у підготовці високопрофесійного вчителя, який був би професійно готовий як сам адекватно діяти в умовах загрози надзвичайних ситуацій, так і підготувати до цього учнів.

Метою даної статті є показати важливу роль курсу цивільного захисту у формуванні професійної готовності майбутніх учителів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій

Формування професійної готовності – це не стихійний процес, у якому вивчення всіх дисциплін навчального плану призводить до бажаного результату, а процес, що протікає ефективно і дає необхідний результат тільки в умовах спеціально організованої системи

підготовки, у якій адекватно відображається зміст і структура діяльності вчителя у сфері підготовки учнів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій.

Методика формування готовності студентів до підготовки учнів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій базується на системному підході. Жоден засіб взагалі, який би не взяли, не може бути визначеним ні хорошим, ні поганим, якщо розглядати його окремо від інших засобів, від цілої системи, від цілого комплексу впливів.

Як визначають дослідники [2-4], професійна підготовка все ще не формує у майбутнього вчителя системного бачення педагогічної діяльності. У результаті професійна діяльність, до виконання якої готується студент, розпадається для нього на низку слабо пов'язаних між собою функціональних напрямків. А виокремленість, відсутність цілісної системи підготовки майбутнього спеціаліста, негативно позначається на її рівні якості.

Отже, організація професійної підготовки сьогодні повинна базуватись на системному підході – єдино можливому для забезпечення багатогранності і досконалості в діяльності вчителя. Продуктивний шлях формування майстерності вихователя полягає у створенні відповідної педагогічної системи в структурі вищої освіти.

Система формування готовності до підготовки учнів діяти в умовах загрози надзвичайних ситуацій є локальною підсистемою педагогічної системи вищого навчального закладу, що готує майбутніх вчителів. Виступаючи органічною складовою системи підготовки студентів у педагогічному навчальному закладі, дана локальна система є комплексом взаємопов'язаних компонентів що забезпечують безперервний цілеспрямований і послідовний вплив на студентів певних форм і методів навчально-виховної роботи, організованих з метою формування в них визначених раніше знань, умінь та особистісних якостей. Вона є невід'ємною складовою системи професійно-педагогічної підготовки майбутніх учителів до виховної діяльності, і тому, при визначенні змісту практичної підготовки студентів слід урахувати специфіку фахової підготовки, а також загальну сукупність завдань, що постають у сучасній школі перед вчителем як предметником так і вихователем.

Готовність до виховання у школярів культури безпеки передбачає наявність у педагога відповідних переконань й власної високорозвиненої культури. Вона лежить в основі професійної переконаності в необхідності виховання культури безпеки школярів. Для цього необхідно послідовно удосконалювати навчально-виховний процес, методи освіти, надолужувати недоліки в розв'язанні цієї проблеми.

Особливо важливо наголошувати студентам на перспективи практично застосування набутих знань, умінь і навичок у подальшій педагогічній діяльності. Адже, як показує дослідження [5], коли той, хто навчається знає, що незабаром на основі цих знань йому доведеться самотужки проводити роботу з іншими людьми, мотивація навчання виходить на найвищий рівень, а засвоєння інформації наближається максимального значення.

Ефективність функціонування професійної підготовки майбутніх учителів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій передбачає наявність певних педагогічних умов.

Умови зовнішні (педагогічне керівництво, вплив практики тощо) та внутрішні (власне бажання студента, наявність гностичної бази та операційно-процесуальних можливостей) є підґрунтям ефективного формування готовності студентів до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій. Головною серед них вважаємо мотивацію до відповідної діяльності учителя, яка знаходить подвійне втілення: у ході самоорганізації у процесі навчання студента та пізніше, під час виконання ним професійних функцій учителя.

До першої групи умов відноситься формування готовності студентів під час навчання у ВНЗ, яке вимагає керівництва з боку викладача. Педагогічне керівництво як важлива сукупність умов базується на високому професіоналізмі та компетентності педагогів вищої школи, який забезпечує креативне проектування та планомірну цілеспрямовану організацію навчального процесу з відповідних дисциплін, добір адекватних форм і методів навчання, своєчасну діагностику рівнів розвитку в майбутніх педагогів творчих здібностей і умінь, організацію і проведення педагогічних практик, самостійної роботи студентів. А також, забезпечення в груп, на факультеті атмосфери загальної зацікавленості проблемою.

До другої групи умов належить наявність у студентів позитивного ставлення і стійкого бажання займатися даною діяльністю, чітке уявлення про особливості, зміст, засоби, форми і

методи діяльності, потреби майбутніх педагогів у систематичній роботі над собою і подальшому самовдосконаленні; прагнення до творчої професійно-педагогічної діяльності.

Результатом взаємодії цих умов повинно бути створення такої атмосфери в навчальному процесі, яка вимагала б від студентів активної діяльності.

Реалізація знань, отриманих у процесі вивчення цивільного захисту, сприяє більш повному засвоєнню знань і формуванню практичних навичок. Оскільки становлення особистості відбувається, насамперед, у процесі діяльності, то необхідною умовою формування готовності до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій є залучення студентів у цю діяльність. Зокрема, бажаним є поєднання у змісті теоретичної практичної підготовки як позитивних, та і негативних зразків відповідної роботи і їх багатовимірним аналізом (причини, заходи та засоби запобігання, алгоритми дії вчителя, небажані наслідки тощо).

Активність педагога безпосередньо залежить від його прагнення до самовдосконалення і самоосвіти. Зміни, що відбуваються в суспільстві, ставлять перед учителем все нові вимоги. Тому вчитель, який працює над власним удосконаленням, зможе відповідати в повній мірі соціальному запиту.

Система професійної підготовки є найбільш організованим, цілеспрямованим фактором формування професійної компетентності та включає всі форми і методи підготовки вчителя, передбачені навчальними програмами та планами позааудиторної роботи різних організаційних підрозділів ВНЗ. Процес професійної підготовки забезпечується засобами масової інформації та Internet, науковою, педагогічною та методичною літературою, співпрацею з учителями та вихователями під час практик.

У сучасних умовах на допомогу студентам у підготовці до занять приходять періодичні, наукові видання та засоби Internet. У них публікуються статті викладачів і учених а також аналітичний огляд та статистичні данні щодо надзвичайних ситуацій, що трапилися на території України та в світі. Зокрема, це журнали “Безпека життєдіяльності”, “Пожежна безпека”, “Надзвичайна ситуація”, та інші а також офіційний сайт ДСНС України у мережі Internet.

Саме цілеспрямована інтеграція різноманітних видів діяльності студентів дозволить створити необхідну психологічну, інформаційну та практичну базу, що надасть кожному з них рівноцінні можливості для цілісного розвитку готовності до дій в умовах загрози надзвичайних ситуацій.

Інтегруючим фактором у системі підготовки вчителів, що забезпечує цілеспрямованість підготовки студентів з даного напрямку можемо вважати курс цивільного захисту. Але для успішної виховної діяльності з даної проблеми майбутні педагоги повинні засвоїти певний додатковий теоретичний матеріал і оволодіти відповідною практичною діяльністю. Така підготовка студентів передбачена розробленою методикою підготовки студентів з курсу цивільного захисту. Її завдання – забезпечити: інтерес, практичну спрямованість на вирішення проблем безпеки життєдіяльності школярів; озброїти студентів фондом дієвих знань, умінь та навичок про дії у надзвичайних ситуаціях; методи педагогічного впливу, здатні розв’язати основні завдання в сфері виховання учнів; сформувати систему умінь і навичок практичної виховної діяльності; розвивати і вдосконалювати професійні якості особистості вихователя – емпатію, рефлексію, аналітичні та логічні здібності, педагогічний такт.

Запровадження системи підготовки студентів з цивільного захисту ґрунтується на основних принципах особистісноорієнтованого підходу до підготовки вчителів, єдності теоретичної і практичної, психологічної, педагогічної, дидактичної і методичної підготовки.

Реалізація цих принципів передбачає оволодіння студентами знаннями педагогіки та психології, чітке уявлення про сутність, закономірності навчально-виховного процесу, володіння педагогічною технікою, уміння компетентно реагувати на нестандартні ситуації, методичну озброєність, глибоку впевненість і усвідомлення у особистій значущості психолого-педагогічних знань і професійних умінь, прагнення і вміння кваліфіковано користуватися ними в повсякденному житті, накопичення досвіду педагогічного спілкування, особистісну вихованість, гуманність, тактовність, вимогливість до себе. Специфіка курсу потребує не тільки опанування вчителем знаннями, уміннями та навичками дій в умовах

загрози надзвичайних ситуацій, а й володінням технікою спілкування з учнями, засобами активізації їх мислення, стимуляції самостійних висновків.

Зміст курсу цивільного захисту уможливує підготовку майбутніх учителів і до проведення Дня цивільного захисту у навчальних закладах.

Метою «Дня цивільного захисту» є практичне відпрацювання учнями за їх віковими категоріями теоретичних знань та навичок, які отримані ними під час вивчення теорії з основ здоров'я, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту, а також досягнення злагодженості у роботі керівного, командно-начальницького та особового складу формувань навчального закладу як об'єкта цивільного захисту при виконанні заходів щодо попередження та реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру.

Основними завданнями «Дня цивільного захисту» для начальника ЦЗ, його заступника та для навчального закладу в цілому як об'єкта цивільного захисту є: аналіз даних про стан, який може виникнути під час НС; навчання практичному прийняттю найбільш доцільних рішень у відповідності до обстановки, яка виникає; вміння своєчасно доводити завдання до виконавців та здійснювати контроль за її виконанням; досягнення злагодженості у діях всього колективу навчального закладу, направлених на унеможливлення та зменшення людських і матеріальних втрат шляхом виконання заходів за планом дій щодо запобігання і реагування на надзвичайні ситуації різного походження.

День цивільного захисту в навчальних закладах проводиться без порушень навчального процесу в кінці навчального року та планується заздалегідь.

Основними організаційно-розпорядчими та плануючими документами з підготовки та проведення Дня цивільного захисту є: наказ керівника навчального закладу, керівника цивільного захисту про підготовку та проведення Дня цивільного захисту; план підготовки до проведення Дня цивільного захисту в навчальному закладі; план проведення Дня цивільного захисту; сценарій заходів на теми захисту населення від НС, сценарії сюжетно-рольових ігор з моделюванням життєвих ситуацій, радіогазети, класних уроків, тематичних класних годин, вікторин з цивільного захисту тощо; план дій при надзвичайних ситуаціях; наказ керівника навчального закладу про підсумки проведення Дня цивільного захисту; план усунення виявлених недоліків під час проведення Дня цивільного захисту.

Розробка проекту наказу та основних плануючих документів покладається на керівника навчального закладу та начальника штабу – спеціально призначену особу з питань цивільного захисту.

Наказ керівника навчального закладу – начальника цивільного захисту про підготовку та проведення Дня цивільного захисту розробляється з урахуванням вимог нормативних документів Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України, методичних вказівок МНС або його територіальних підрозділів та наказу начальника управління (відділу) освіти міста (району).

У наказі повинні бути визначені: мета; термін проведення Дня цивільного захисту; склад учасників; відповідальні організатори; інші питання, що належать до завдань проведення Дня цивільного захисту.

План підготовки та проведення Дня цивільного захисту розробляються особою з питань ЦЗ, відповідальною за проведення Дня цивільного захисту, з залученням членів оргкомітету, та затверджується керівником навчального закладу – начальником цивільного захисту.

У планах визначаються підготовчі заходи, заходи, які виконуються при проведенні Дня цивільного захисту, їх послідовність, час, місце, відповідальні виконавці і терміни виконання.

В залежності від особливостей розташування навчального закладу та віку учнів можуть бути різноманітні заходи – практичні:

– збір постійного складу, школярів; перевірка укомплектованості й оснащеності невоснізованих формувань ЦЗ; проведення в готовність захисної споруди; відпрацювання прийомів користування засобами індивідуального захисту; проведення протипожежних, світломаскувальних, герметизаційних та евакуаційних заходів; відпрацювання практичних дій відповідно до «Плану дій у НС»; знезаражування територій, будинків, майна тощо; навчально-методичні:

– практичні, класно-групові заняття, семінари, бесіди, вікторини і відкриті уроки з залученням до їх проведення фахівців екологічної, пожежної, санітарно-епідеміологічної служб, працівників Управління ДСНС України в області, управління з питань НС ОДА, навчально-методичного центру ЦЗ та БЖД в області.

агітаційно-пропагандистські:

– тематичні радіогазети, огляди-конкурси стіннівок, малюнків, демонстрація відеоматеріалів, виставки засобів ЗІЗ, навчально-матеріальної бази; спортивні змагання, естафети, тренування.

На основі особистих спостережень за діями учнів і педагогічного складу, а також доповідей членів оргкомітету голова оргкомітету – начальник штабу цивільного захисту підводить підсумки виконання запланованих заходів і готує звіт про проведення Дня цивільного захисту в навчальному закладі. В підсумковій частині звіту зазначається ступінь досягнення мети, дається оцінка діям учасників, визначаються переможці проведених заходів.

За результатами звіту складається наказ керівника навчального закладу, у якому висвітлюються загальні результати, виявлені недоліки, переможці та активні учасники. У визначений час керівник навчального закладу проводить розбір Дня цивільного захисту на педагогічній рад навчального закладу.

За результатами проведення Дня цивільного захисту керівник навчального закладу розробляє практичні заходи з усунення виявлених недоліків з питань цивільного захисту, внесення необхідних змін в плани роботи навчального закладу та навчальні програми підготовки постійного складу до дій у НС [6].

Успішне вирішення багатопланових і складних завдань, які покладені як на начальника цивільного захисту навчального закладу, так і на вчителів адекватно діяти в умовах загрози надзвичайних ситуацій, так і підготувати до цього учнів, у значному ступеню будуть залежати від рівня його професійної підготовки у системі вищого педагогічного навчального закладу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Типова навчальна програма нормативної дисципліни «Цивільний захист» для вищих навчальних закладів – [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http:// www. mon.gov.ua](http://www.mon.gov.ua).
2. Алексюк А.М. Педагогіка вищої освіти України. Історія. Теорія: Підручник. – К.: Либідь, 1998. – 560 с.
3. Туркот Т.І. Педагогіка вищої школи: навч. посіб. для студ. ВНЗ/ Т. І. Туркот. – К.: Кондор, 2011. – 628 с.
4. Вишневський О.І. Теоретичні основи сучасної української педагогіки : посібник для студ. ВНЗ / О. І. Вишневський. - 2-е вид., доопрац. і доп. - Дрогобич : Коло, 2006. - 608 с.
5. Слєпкань З.І. Наукові засади педагогічного процесу у вищій школі. – К.: НПУ, 2010. – 210 с.
6. Ткачук А.І., Пуляк О.В. Цивільний захист. Курс лекцій. (навчальний посібник). – Кіровоград, РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. – 183 с.
7. Наказ ДСНС України від 23.03.2015 № 167 «Методичні рекомендації щодо підготовки населення до дій в умовах загрози або вчинення терористичного акту» – [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http:// www. mns.gov.ua](http://www.mns.gov.ua).

МОДЕЛЮВАННЯ ВОЄННО-ТЕХНОГЕННИХ ВПЛИВІВ ЗАСТОСУВАННЯ ОБТ НА СТРУКТУРУ ҐРУНТУ ТА ПРОЦЕС РОЗПОВСЮДЖЕННЯ У НЬОМУ ЗАБРУДНЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ТЕРИТОРІЙ РОЗТАШУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Напружена екологічна ситуація у місцях, де відбувається військово-техногенне навантаження (ВТН) обумовлена перш за все специфікою військової діяльності, яка супроводжується вимушеним шкідливим впливом на довкілля, що порушує природну рівновагу всіх компонентів екологічних систем.

Наслідками ВТН є забруднення складових навколишнього природного середовища. Крім негативного впливу на навколишнє середовище технічних, ремонтних частини та інших служб безпосередній негативний вплив на довкілля здійснюється бойовими підрозділами під час виконання бойових завдань. Так, у місцях, де проводяться стрільби із широкого спектра систем тактичної зброї, спостерігається забруднення ґрунтів та ґрунтових вод як головного “депо” повітряних і наземних викидів важких металів, залишків вибухових речовин і пороху [1]. Особливо небезпечними для довкілля є випадки застосування озброєння і військової техніки (ОВТ) у районах розміщення критичної інфраструктури.

Таким чином, вивчення проблеми забруднення ґрунтів під час проведення бойових дій та прогнозування їх наслідків є актуальною науковою проблемою. Під час дослідження цієї проблеми значне місце повинно відводитись науково обґрунтованим методам, особливо прецизійним, що базуються на використанні математичного моделювання процесів розповсюдження забруднень на території проведення бойових дій.

Аналіз досліджень і публікацій показав, що під час визначення екологічного стану ґрунтів користуються в основному якісно-оціночними ландшафтно-геохімічними методами, які спрямовані на встановлення фактичного забруднення і дають можливість провести ретроспективний аналіз наслідків техногенних впливів [2–5]. Але для прогнозування наслідків дії тих чи інших воєнно-техногенних джерел забруднень територій вони не придатні з огляду на їх високу локальність, енергетичну потужність і хімічну градієнтність [6–8].

Під час вирішення завдань воєнної екології тільки прецизійні методи можуть дати необхідні за точністю розрахунки забруднення ґрунтів і ґрунтових вод та прогнозувати його розвиток під час ВТН [6]. Основу для таких методів можуть скласти математичні моделі, які з високим ступенем точності описують процеси утворення техногенних полів розподілу забруднення унаслідок постійного чи періодичного впливу ВТН на відповідну територію.

Мета статті: моделювання воєнно-техногенних впливів застосування озброєння і військової техніки на структуру ґрунту та процес розповсюдження у ньому забруднення з урахуванням різних видів ураження.

Викладення основного матеріалу. Негативний вплив більшості військових об'єктів на природне навколишнє середовище складається з механічного і хімічного забруднення ґрунту, деградації природних ландшафтів [9–11]. Механічне забруднення представлене побутовими і виробничими відходами, залишками спорядження, будівельним сміттям і залишками конструкцій, осколки снарядів і бомб, залишки боєприпасів, сховища тощо. Хімічне (фізико-хімічне) забруднення за первинними функціональними ознаками охоплює паливо для транспортних засобів та для побутового опалення, мастильні матеріали, сольвенти, залишки хімічної зброї, дезактиваційні матеріали, ракетне паливо (особливо небезпечна група), вибухонебезпечні і горючі матеріали, боєприпаси.

Процеси розповсюдження рідини в геосередовищі описуються за допомогою системи параметрів, яка визначає фільтраційні властивості середовища (проникність, пористість, стисливість твердого середовища) та фільтраційні властивості рідини (щільність та в'язкість). На основі використання закону Дарсі, закону збереження маси рідини, фізичних властивостей середовища щодо динаміки руху рідини була отримана математична модель розповсюдження рідини в тріщинувато-пористому середовищі, рівняння стану якої має вигляд [12]

$$\beta_0 \frac{\partial p_1}{\partial t} - \operatorname{div} \left[\frac{k_1}{\mu} \operatorname{grad} p_1 + \eta \beta_0 \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{grad} p_1 \right] = f(x, t) \quad (1)$$

де $\beta_0 = \beta_{c_2} + m_0 \beta$ – сумарний коефіцієнт стисливості, β_{c_2} – коефіцієнт стисливості блоків, β – коефіцієнт стисливості рідини, m_0 – величина пористості блоків при стандартному тиску; k_1 – проникність системи тріщин, μ – в'язкість рідини, p_1 – середній тиск у тріщинах в околі даної точки; $f(x, t)$ – зовнішня сила, що діє на систему.

Кожне джерело забруднення, яке виникає під час застосування ОВТ (артилерії, танків, спеціальної автомобільної техніки тощо) характеризуються забрудненням, що розрізняється за видами та способами проникнення у ґрунт. Тому для кожного з цих джерел функція, що описує зовнішній вплив на середовище, де відбувається процес фільтрації, буде мати свій вигляд. Визначимо математичний вигляд правої частини рівняння стану для різних видів ураження ґрунту під час бойових дій.

Основним джерелом забруднення під час стрільб є продукти вибуху, що утворюються в результаті розриву снарядів. Біля точки вибуху снаряда в ґрунті розрізняють три зони [13, 14]: сферу стискання, сферу руйнування, сферу струсу. У сфері стискання з радіусом у декілька калібрів снаряду ґрунт зрушується та ущільнюється. У сфері руйнування розповсюджується сильна ударна хвиля, що руйнує зв'язки між часточками ґрунту. Це призводить до утворення тріщин, розривів та повної руйнації оборонних споруд. Ця сфера має радіус

$$R_p = r_p \sqrt[3]{\omega_{BB}}$$

де ω_{BB} – маса розривного заряду, r_p – коефіцієнт, який залежить від середовища (для землі, змішаної з каменем – 1,0; для піщаника, вапняку – 0,92; для кам'яної кладки – 0,84; для бетону – 0,77).

У сфері струсу ударна хвиля буде ослаблена і викличе тільки коливання часточок ґрунту, що також призводить до утворення тріщин (рис. 1).

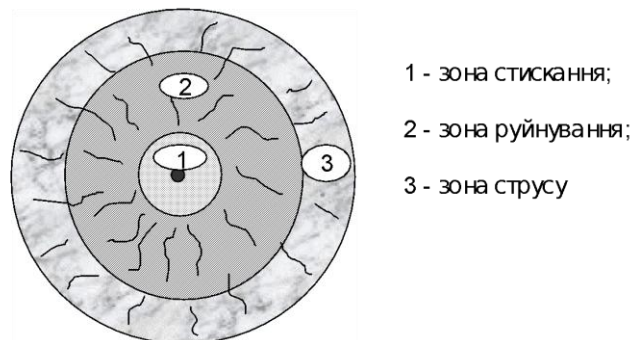


Рис. 1. Зони, які виникають у результаті вибуху снаряда

Отже, внаслідок проведення бойових стрільб відбувається деформація ґрунту в усіх напрямках розповсюдження ударної хвилі. Тому вже на глибині до 2 м на території проведення стрільб порушується однорідність ґрунту і відбувається утворення тріщин, які розділяють пористі блоки (рис.2). На території по якій проводиться інтенсивне багаторазове застосування артилерії відбувається ураження ґрунту до глибини підземних вод. Увесь простір від поверхневого шару ґрунту до глибини підземних вод повністю перетворюється на тріщинувато-пористий.

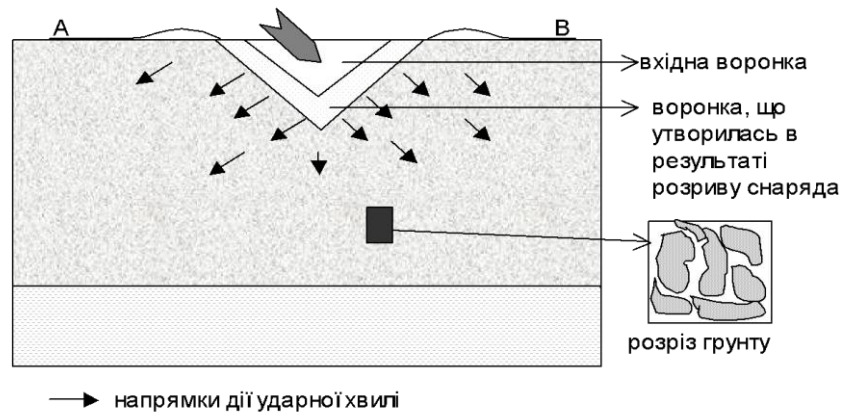


Рис. 2. Схема дії фугасного (осколково-фугасного) снаряда на середовище

Шкідливі впливи на ґрунт, які завдаються під час стрільб мають імпульсно-точковий характер. По-перше, вони досить короткочасні за своєю дією у порівнянні з часом протікання процесу фільтрації (який може займати декілька місяців або навіть років). По-друге, вони обмежені за місцем впливів, розмір яких значно менший за територію, на якій відбувається процес розповсюдження забруднення.

Зовнішнім впливам такого характеру адекватно відповідають математичні моделі, які мають коефіцієнтами або правою частиною рівняння стану розривні функції або узагальнені функції типу \square -функції Дірака [15]. Таким чином, права частина рівняння (1) має такий вигляд

$$f(x,t) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \delta(t-t_i) \delta(x-x_j) \varphi_{ij}(t,x), \quad (2)$$

де t_i – момент викиду, тобто час виконання бойових завдань або дні проведення стрільб у залежності від часу прогнозування; x_j – координати розташування точкового джерела викиду, тобто координати розташування мішеней (котла артилерії); φ_{ij} – інтенсивність викиду.

Інтенсивність викиду можна оцінити, наприклад, за такою формулою

$$\varphi_{ij} = 0,15 k_{BB} n \bar{\omega}_{BB}, \quad (3)$$

де k_{BB} – коефіцієнт утворення газоподібних викидів; n – кількість снарядів для виконання завдання; $\bar{\omega}_{BB}$ – середня маса розривного заряду (вибухової речовини в снаряді).

$$\bar{\omega}_{BB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \omega_{BB}^i,$$

де ω_{BB}^i – маса розривного заряду (вибухової речовини в снаряді) i -го снаряда.

Для виконання бойових завдань залучається бойова і спеціальна техніка. Серед шкідливих речовин, що викидаються або осідають у ґрунт, при її експлуатації основне місце займають нафтопродукти та ароматичні з'єднання. Іони важких металів, які осідають на ґрунт, разом з нафтопродуктами інфільтруються у більш глибокі шари ґрунту, а потім під дією фільтраційних потоків розповсюджуються навколо території застосування відповідної техніки.

Порівнюючи час, який відводиться для виконання завдань, наприклад, передислокації або висування на позиції для виконання бойового завдання (12–16 годин) з часом фільтрації (6-12 тижнів), можна вважати, що викиди транспортних засобів мають характер імпульсних впливів. Оскільки бойове завдання виконується на всій площі застосування військ (сил), то для узагальнення можна вважати, що викид здійснюється з рівною потужністю на всій цій площі. У залежності від загальної площі, для якої проводиться моделювання, площу, де відбувається застосування військ (сил), можна фізично розглядати або як точку впливу, або як площинний об'єкт з впливом по всій площині (рис. 3 та 4).

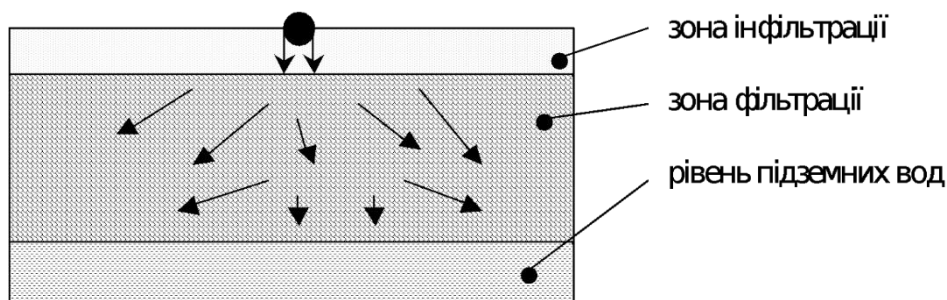


Рис. 3. Розповсюдження забруднення від точкового викиду

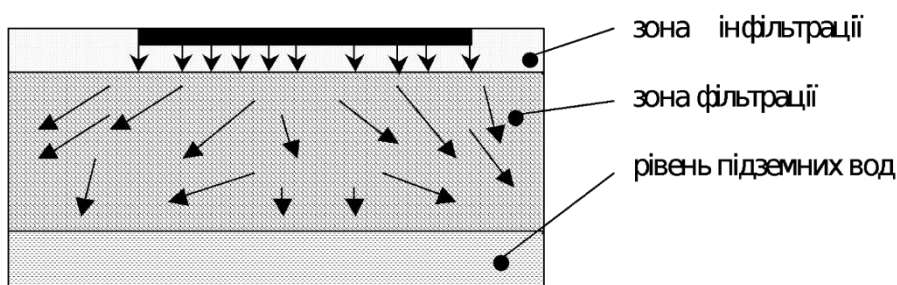


Рис. 4. Розповсюдження забруднення від площинного джерел

Математично такий характер впливу задається у вигляді

$$f(x, t) = \sum_{i=1}^N \delta(t - t_i) \varphi_i(t, x), \quad (4)$$

або

$$f(x, t) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \delta(t - t_i) \delta(x - x_j) \varphi_{ij}(t, x), \quad (5)$$

де t_i – момент викиду; x_j – координати розташування точкового джерела викиду; φ_{ij} – інтенсивність викиду.

Для цього випадку інтенсивність викиду можна оцінити використовуючи таку формулу

$$\varphi_{ij} = k_T m \bar{S}, \quad (6)$$

де m – кількість одиниць бойової техніки, що застосовується; \bar{S} – середня довжина пробігу (в км), для одиниці бойової техніки; k_T – коефіцієнт, який визначає норму викиду забруднюючих речовин на одиницю техніки на 1 км пробігу.

Наприклад, для БМП, БТР цей коефіцієнт дорівнює 150г на 1 км пробігу, для танків – 580 г на 1 км пробігу.

Урахування негативного впливу тільки таких наслідків застосування ОВТ, як ураження снарядами, залишками нафтопродуктів тощо, актуальне для місцевості, де немає додаткових чинників ураження природного середовища. Але враховуючи те, що бойові дії можуть відбуватися на території досить щільного розташування об'єктів критичної інфраструктури (наприклад, зона проведення АТО має розвинуту інфраструктуру, насичена промисловими об'єктами), необхідно враховувати негативний вплив на природне середовище не тільки ОВТ, а й наслідків ураження об'єктів критичної інфраструктури або елементів, які забезпечують їхнє функціонування. До того ж застосування ОВТ під час бойових дій може призвести до так званого “ефекту реанімації” зон екологічних аномалій (локальні території підвищеного забруднення внаслідок антропогенної діяльності), які до влучання у них засобів ураження знаходяться у стані спокою. У результаті такого впливу виникає мультиплікативний ефект взаємодії різних чинників ураження природного середовища, тобто відбувається швидкозростаюче (експоненціальне) нарощування негативного впливу на оточуюче природне середовище. Для його врахування буде недостатнім оцінювати інтенсивність викиду (ϕ) за допомогою формул (3) і (6). У такому випадку цю величину можемо інтерпретувати як ступінь деградації природного середовища від негативного мультиплікативного ефекту впливу факторів забруднення під час бойових дій безпосередньо військової складової, наслідків функціонування об'єктів критичної інфраструктури та їх руйнування. Для цього застосуємо дифузійний немонотонний розподіл за визначальним параметром [16].

Отже, у нашій роботі досліджуються характеристики, які випадковим чином змінюються в часі. Якщо імовірність $P(t_0, x_0; t, R)$ того, що система в момент t_0 знаходиться в стані x_0 , а в момент $t > t_0$ буде в одному із станів множини R і якщо додаткове знання станів системи в моменти $t \leq t_0$ не змінюють цієї імовірності за будь-яких $t_0, x_0; t, R$, тоді можемо сказати, що ми маємо процес без наслідків або інакше – марківський процес. Зауважимо, що за умови відповідного розуміння стану системи будь-який випадковий процес можна розглядати як марківський. Тому узагальнений процес деградації природного середовища, яке знаходиться під впливом факторів забруднення використання ОВТ, наслідків функціонування об'єктів критичної інфраструктури та їх можливого руйнування під час бойових дій, будемо розглядати як марківський процес дифузійного типу, який описується стохастичним диференціальним рівнянням першого порядку такого виду:

$$dx(t) = A(t)x(t)dt + B(t)d\eta(t), \quad (7)$$

де $x(t)$ – визначальний параметр; $A(t), B(t)$ – детерміновані функції, які характеризують зміну середнього значення та дисперсії визначального параметру (коефіцієнти ушкодження і дифузії); $\eta(t)$ – випадкова складова гаусівського типу.

Задача визначення розподілу часу до першого прояву деградації у цьому випадку зводиться до розв'язання задачі першого досягнення процесом (7) верхньої межі області (за нормованого процесу верхня межа рівна одиниці). Така задача вирішується повністю [16], якщо відома умовна щільність імовірності переходу процесу із одного стану в інший. Для марківського процесу дифузійного типу умовна перехідна щільність $\omega(t, x)$, яка відповідає процесу (7), описується рівнянням Фоккера–Планка–Колмогорова. Це диференціальне рівняння в часткових похідних такого виду:

$$\frac{\partial \omega(t, x)}{\partial t} + A(t) \frac{\partial \omega(t, x)}{\partial x} - \frac{[B(t)]^2}{2} \frac{\partial^2 \omega(t, x)}{\partial x^2} = 0 \quad (8)$$

Оскільки ми розглядаємо випадок, коли уражається об'єкт критичної інфраструктури, то реалізація процесу має немонотонний характер (рис. 5).

Для розв'язання рівняння (8) задамо граничні умови.

Для визначення виразу досягнення граничного рівня, що описується процесом (7), необхідно конкретизувати функції $A(t)$ і $B(t)$. Будемо вважати, що ми розглядаємо процес деградації однорідного середовища, тобто з постійною середньою швидкістю і постійним середнім квадратичним відхиленням швидкості (або постійним коефіцієнтом варіації швидкості). У такому випадку кінетичне рівняння процесу (7) запишемо так:

$$dx(t) = ax(t)dt + bd\eta(t), \quad (9)$$

де a – коефіцієнт ушкодження (середня швидкість зміни визначального параметру); b – коефіцієнт дифузії (b^2 – середня швидкість зміни дисперсії визначального параметра).

Для марківського процесу дифузійного типу визначеного рівнянням (9) дифузія умовної перехідної щільності $\omega(t_0, x_0; t, x)$ цього процесу описується рівнянням Фоккера–Планка–Колмогорова такого виду:

$$\frac{\partial \omega(t_0, x_0; t, x)}{\partial t} + a \frac{\partial \omega(t_0, x_0; t, x)}{\partial x} - \frac{b^2}{2} \frac{\partial^2 \omega(t_0, x_0; t, x)}{\partial x^2} = 0 \quad (10)$$

Як відомо [16], щільність розподілу часу досягнення межі розглядуваним процесом (щільність розподілу часу деградації) має такий зв'язок з умовною щільністю переходу процесу із одного стану в інший:

$$f(t) = - \int_{-\infty}^l \frac{\partial \omega(t_0, x_0; t, x)}{\partial t} dx \quad (11)$$

Щоб визначити щільності імовірності розподілу часу деградації $f(t)$, необхідно отримати вираз для $\omega(t_0, x_0; t, x)$, розв'язавши рівняння (10), після чого знайти часткову похідну за часом від функції $\omega(t_0, x_0; t, x)$, а отриманий вираз проінтегрувати за параметром x . Отже, рівняння (10) є параболічним диференціальним рівнянням у часткових похідних. Для розв'язання такого типу рівнянь необхідно задати крайові умови.

Виходячи із шуканої функції $\omega(t_0, x_0; t, x)$, у загальному випадку початкові умови задамо у такому виді:

$$\omega(t_0, x_0; t, x) \Big|_{t=t_0} = \omega_0(x_0), \quad (12)$$

де $\omega(x_0)$ – деякий розподіл досліджуваного параметра в початковий момент.

Якщо початкове значення параметра задане (наприклад можемо вважати, що $x_0=0, t_0=0$), тоді $\omega(x_0)$ вироджується у δ -функцію:

$$\omega(t, x) \Big|_{t=0} = \delta(x) \quad (13)$$

У випадку немонотонного розподілу після першого досягнення межі заданої області немонотонна реалізація може знову повернутися до заданої області і брати участь у розглядуваному процесі (деякі такі реалізації показані пунктиром на рис. 5). Така ситуація типова для об'єктів живої природи, коли після негативного впливу на неї через деякий період часу природа відновлюється. У нашому дослідженні ми задамо такий проміжок часу, за який відновлення точно ще не відбудеться. З цієї причини будемо вважати, що шкідливі впливи, які виникають у разі мультиплікативного ефекту взаємодії різних чинників ураження природного середовища, мають також імпульсно-точковий характер, оскільки процес потрапляння їх у

грунт під час його ураження досить короткочасний за своєю дією у порівнянні з часом необхідним на його відновлення.

Отже, щоб перше досягнення межі немонотонної реалізації більше не брало участі у досліджуваному процесі і не впливало на $\omega(t, x)$ необхідно на межі заданої області накласти граничні умови типу “екран поглинання”. Для розв’язання рівняння (10) вони будуть такі:

$$\omega(t, x)|_{x=-\infty} = 0; \quad (14)$$

$$\omega(t, x)|_{x=1} = 0. \quad (15)$$

Умова (14) формальна і необхідна для розв’язання (10). Умова (15) впливає із вище викладеного і відповідає “екрану поглинання” у точці $x=1$.

Рішення рівняння (10) для крайових умов (13)–(15) записується у такому вигляді:

$$\omega(t, x) = \frac{1}{b\sqrt{2\pi t}} \left\{ \exp\left[-\frac{(x-at)^2}{2b^2 t}\right] - \exp\left[-\frac{(x-at-2)^2 - 4at}{2b^2 t}\right] \right\}. \quad (16)$$

Виразуємо похідну $\frac{\partial \omega(t, x)}{\partial t}$, підставляємо отриманий вираз у (11), інтегруємо і отримуємо вираз для щільності розподілу часу досягнення граничного рівня:

$$f(t) = \frac{1}{bt\sqrt{2\pi t}} \exp\left[-\frac{(1-at)^2}{2b^2 t}\right].$$

Оскільки ми розглядаємо однорідний процес деградації дифузного типу, то коефіцієнт дифузії має простий зв’язок із зазвичай використовуваними характеристиками процесу – середнім квадратичним відхиленням швидкості процесу (σ_a) і коефіцієнтом варіації процесу (v):

$$b = \frac{\sigma_a}{\sqrt{a}} = v\sqrt{a}$$

Враховуючи це, можемо записати щільність розподілу часу досягнення граничного рівня у такому вигляді:

$$f(t) = \frac{1}{vt\sqrt{2\pi at}} \exp\left[-\frac{(1-at)^2}{2v^2 at}\right]. \quad (17)$$

Щільності (17) відповідає функція розподілу

$$F(t) = \Phi\left(\frac{at-1}{v\sqrt{at}}\right) + \exp\left(\frac{2}{v^2}\right) \cdot \Phi\left(-\frac{at+1}{v\sqrt{at}}\right). \quad (18)$$

Для зручності досліджень і роботи введемо параметр масштабу дифузійного розподілу μ .
До того ж $\mu = \frac{1}{a}$. Тоді маємо такі щільність та функцію немонотонного розподілу відповідно:

$$f(t) = f_N(t; \mu, \nu) = \frac{\sqrt{\mu}}{vt\sqrt{2\pi t}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\nu^2\mu t}\right], \quad (19)$$

$$F(t) = F_N(t; \mu, \nu) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\nu\sqrt{\mu t}}\right) + \exp\left(\frac{2}{\nu^2}\right) \cdot \Phi\left(-\frac{t+\mu}{\nu\sqrt{\mu t}}\right). \quad (20)$$

Знайшовши $\int_0^{\infty} tf(t)dt$, маємо математичне очікування процесу деградації дифузного типу $M[T] = \mu$ за умов взаємодії різних чинників ураження природного середовища під час бойових дій.

Висновки. Отже, проведене моделювання можливих видів негативного впливу на території проведення бойових дій свідчить, що значна їх частина має імпульсно-точковий або імпульсний характер. Адекватною математичною формою запису таких впливів є лінійна комбінація узагальнених \square -функції Дірака. Оцінювання інтенсивності викиду (φ) здійснене для таких умов:

- ураження ґрунту важким озброєнням (вибуховою хвилею, осколками тощо);
- ураження ґрунту токсичними сумішами у результаті використання бойової та спеціальної техніки;
- негативного мультиплікативного ефекту впливу факторів забруднення на ґрунт під час бойових дій безпосередньо військової складової, наслідків функціонування об'єктів критичної інфраструктури та їх руйнування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чумаченко С.М. Методологічні основи проведення екологічної оцінки впливу бойової підготовки на довкілля військових полігонів [Текст] / С.М. Чумаченко // Зб. наук. пр. ННДЦ ОТ і ВБ України. – К., 2011. – Вип. 20. – С. 105–115.
2. Петряшин Л.Ф. Охрана окружающей среды [Текст] / Л.Ф. Петряшин, Г.Н. Лысяный. – М.: Недра, 1986. – 244 с.
3. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) [Текст]. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
4. Гришин А.М. Моделирование и прогноз экологических катастроф [Текст] / А.М. Гришин // Экологические системы и приборы. – М., 2001. – №2. – С. 28–33.
5. Хуторский М.Д. Мониторинг и прогнозирование геофизических процессов и природных катастроф [Текст]. – М., 1999. – 78 с.
6. Лисенко О.І. Про розвиток поняття «воєнна екологія» [Текст] / О.І. Лисенко, І.В. Чеканова, С.М. Чумаченко, А.М. Турейчук // Наука і оборона. – К., 2004. – №3. – 45с .
7. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука [Текст]. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
8. Математические методы механики жидкости и газа [Текст]. – Днепропетровск, 1982. – 134 с.
9. Вазицкий П.Б. Очерки военной экологии [Текст]. – Лен.: Воениздат, 1989. – 105 с.
10. Клемин В.В. Обеспечение экологической безопасности при повседневной деятельности воинской части [Текст]. – СПб., 2000. – 241 с.
11. Ольшевский В.И. Экология военной сферы [Текст]. – К., 1996. – 276 с.
12. Данилюк С.Л. Оцінка розповсюдження забруднення у зонах інтенсивного воєнно-техногенного навантаження військових полігонів Сухопутних військ [Текст] / С.Л. Данилюк, Ю.С. Туровець // Військ. техн. зб. НА СВ ім. гетьмана П. Сагайдачного. – Л., 2015. – № 13. – С. 111–119.

13. Боеприпасы наземной артиллерии [Текст] : учебник под ред. Селезнева Н.А. – М.: Воениздат, 1970. – 248 с.
14. Основания устройства и конструкции орудий и боеприпасов наземной артиллерии [Текст] : учебник под ред. Королькова Н.Н. – М.: Воениздат, 1976. – 460 с.
15. Диденко В.П. Динамические системы с разрывными характеристиками [Текст] / В.П. Диденко, И.И. Ляшко. – К.: Вища школа, 1977. – 80 с.
16. Лисенко О.І. Метод математичного моделювання стану природного середовища операційної зони під час бойових дій із використанням марковських процесів дифузійного типу [Текст] / О. І. Лисенко, А. І. Семенченко, Ю. С. Туровець // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К., 2013. – С. 67–74.

**АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ТЕРОРИСТИЧНОЇ АТАКИ
БПЛА-КАМІКАДЗЕ НА ТИПОВУ НАФТОБАЗУ**
(в порядку постановки проблеми)

полковник, к.т.н., с.н.с., В.А.Дмитрієв, працівник ЗСУ, к.г.н. О.О. Бардін
Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України
вул. Стрілецька, 1, м. Чернігів, 14033, Україна

Annotation

In the world, has recently had a new and dangerous form of terrorism, against which there is no effective means of struggle. Currently, anyone can buy a remote-controlled unmanned aerial vehicle (UAVs), which can deliver the goods to 3÷5 kg at a distance 30÷50 km, insensibly for military radars. These compact planes can be disassembled, packed in a box and transported in a standard car trunk. In the desired point of the UAV can be prepared for the launch for 10÷15 minutes. Flight of the UAV can be remotely controlled and direct it precisely towards the goal. Unfortunately, the cargo UAV can be incendiary bomb. This problem requires adequate measures to protect against the new threat for military and civilian object. These objects include tank farms, refineries and oil fields, chemical plants, nuclear power plants, forests, peat deposits in the work and the like.

ВСТУПНА ЧАСТИНА

Україна знаходиться у дуже непростій ситуації, коли так звана «гібридна війна» на південному сході може, як ракова пухлина, розкинути свої метастази по всьому організму Української держави. Виходячи з прагматичної оцінки ситуації, необхідно заздалегідь готуватися до будь-якого варіанту розвитку подій, впроваджувати заходи протиповітряної оборони, мобілізаційної готовності, захисту населення та об'єктів промисловості від бомбових ударів. Якщо ми готові до несприятливих подій, а вони не відбулися, це дуже добре. Якщо ми не готові до несприятливих подій, а вони відбулись, це дуже погано. Необхідно, щоб усі ланки державного механізму були попереджені, добре мотивовані, знали і чітко виконували свою роль на кожному етапі системно-зв'язаної послідовності подій. Необхідно готуватися до усього, що може відбутись, і робити це ґрунтовно, надійно, далекоглядно, так, як це роблять у США.

Достатньо згадати прорахунки, провали і неприпустимі, що не вкладаються у свідомість, втрати в людській силі і озброєнні, які були отримані у 1941 році. Це був недогляд, злочинний прорахунок нежиттєздатної системи, яка не цінувала людське життя. Таке не повинно повторитись. Як і Друга світова, будь-яка сучасна війна це, перш за все, війна моторів. Без керосину не полетять літаки, без дизельного палива танки залишаться в ангарах. З військової точки зору, надійне поповнення і збереження запасів моторного палива, розвинена логістика його транспортування, є не менш важливими завданнями, ніж своєчасне забезпечення боєприпасами.

А враховуючи те, що в поставках нафти, бензину, мастил ми частково залежні від свого потенційного супротивника, ця проблема є проблемою рівня Державної безпеки. Цілком ймовірно, що у разі початку повномасштабного збройного зіткнення перші ракетно-бомбові удари будуть нанесені по нафтопромислах, нафтобазах, по нафтопереробних і хімічних заводах, де зосереджені значні запаси паливних матеріалів. Тому необхідні альтернативні, приховані, малотоннажні виробництва. Однак і в наш, умовно мирний час, дані об'єкти можуть бути атаковані нікому не підконтрольними терористами-диверсантами, або найманцями у боротьбі за перерозподіл власності на майнові комплекси.

1. Постановка проблеми

Гігантську пожежу на нафтобазі БРСМ у Васильківському районі у 2015 р. списали на людський фактор та порушення технології. Однак, термітну шашку в подібній ситуації міг

скинути і малопомітний, дистанційно керований безпілотний літальний апарат (БпЛА). Фактично, будь-який технологічний комплекс, укомплектований великотоннажними металевими резервуарами для зберігання вуглеводневої речовини, може бути об'єктом терористичної атаки із застосуванням БпЛА. Ця нова, але абсолютно реальна загроза потребує негайних адекватних мер для захисту як військових, так і цивільних об'єктів. У сучасній обстановці заходи безпеки для нафтобаз, нафтопереробних та газопереробних заводів, компресорних станцій газотранспортної системи повинні бути переглянуті з принципово інших позицій цивільного захисту. Розглянемо більш детально три складові: об'єкти потенційної атаки – типові нафтові резервуари нафтобаз; інструмент можливого нападу – БпЛА і засіб терористичної атаки – запальні суміші.

2. Коротка характеристика рівня пожежної небезпеки нафтопродуктів

Температура спалаху, тобто здатність нафтопродуктів горіти при піднесенні до відкритого полум'я для парів бензинів становить мінус $30\div 40^{\circ}\text{C}$, для керосинових фракцій $+28\div 60^{\circ}\text{C}$, для масляних фракцій $+130\div 325^{\circ}\text{C}$. Температура полум'я вуглеводневих газів (етан та ін.) складає близько $2110\div 2150^{\circ}\text{C}$. Температура самозаймання суміші бензину і повітря при концентрації 2-6% коливається в діапазоні $535\div 565^{\circ}\text{C}$. Теплота згорання нафти і керосину орієнтовно становить $10300\div 11000$ ккал/кг, автомобільного та авіаційного бензину – $10500\div 11250$ ккал/кг, мазуту – $9500\div 10850$ ккал/кг. Швидкість згорання з поверхні резервуара малого діаметру для автомобільного бензину щільністю $0,77$ г/см³ становить $80,85$ кг/(м²•год), або ж приблизно $1,75$ мм/хв., для керосину щільністю $0,835$ г/см³ становить $55,11$ кг/(м²•год), або ж приблизно $1,1$ мм/хв.

Відповідно, при вигоранні стандартного резервуару об'ємом 5000 м³, повністю наповненого бензином, виділиться приблизно 4838 м³ $\times 0,77$ т/м³ $\times 0,11$ Гкал/т= $409,78$ Гкал тепла ($1715,7$ ГДж). Теплота плавлення сталі – $0,277$ ГДж/т. Без урахування втрат тепла на теплопередачу, $3,5$ тис. тонн палаючого бензину можуть деформувати і пошкодити приблизно $3\div 4$ тисячі тонн металокопункцій і, наприклад, зробити непридатними ректифікаційні колони, насоси, теплообмінники, контрольно-вимірювальні прилади цілого нафтопереробного заводу. У разі зриву даху резервуару об'ємом 5000 м³ вибухом бензину від зовнішнього полум'я, повний резервуар бензину буде вигорати приблизно 110 годин ($4,5$ доби). Аналогічний по ємності резервуар з авіаційним керосином буде вигорати приблизно 180 годин ($7,5$ доби). Необхідне відзначити – найбільш уразливими є резервуари з бензином, які залишаються пожежонебезпечними навіть у найлютіший мороз. А коли почне горіти бензин, буде горіти усе.

3. Основні параметри типових резервуарів і їх вразливі місця

В своїй більшості, в резервуарних парках нафтобаз використовуються зварні, вертикальні, виготовлені рулонним методом резервуари об'ємом від 100 до 5000 м³ трьох типів: з дахом на опорній фермі, з щитовим дахом і з плаваючим дахом ($0,1$; $0,2$; $0,4$; $0,7$; $1,0$; $2,0$; $3,0$; $5,0$ тис. м³). Внутрішній допустимий надлишковий тиск в резервуарі складає приблизно $0,2$ м водяного стовпа. Найбільш поширеними є резервуари об'ємом 5000 м³, які мають такі параметри: ємність – 48380 м³; діаметр – 22790 мм; висота – 11950 мм; кількість поясів – 8 ; товщина листів корпусу і днища $5\div 8$, іноді 10 мм; товщина листів настилу покрівлі – завжди $2,5$ мм; загальна маса – близько 90 т. Як видно, це добре помітний на місцевості об'єкт. Мінімальний типовий резервуар вертикального типу має ємність 100 т, діаметр 4730 мм, висоту 5920 мм, тобто його також добре видно на місцевості як в оптичному, так і в радіохвильовому діапазоні.

Придатні для обвалування землею і маскування зеленими насадженнями резервуари горизонтального типу мають ємність від 3 до 75 м³ (3 , 5 , 10 , 25 , 50 , 75 м³), допустимий внутрішній надлишковий тиск до $4,0$ м водяного стовпа і зовнішній діаметр від $1,4$ до $3,25$ м. Так, резервуар 75 м³ має діаметр 3250 мм, довжину 9134 мм, товщину листів $4,0$ мм, загальну масу 4209 кг. Обвалування застосовується рідко, в зв'язку з високими витратами на гідроізоляцію й ускладненням контролю за корозією резервуарів, незважаючи на зменшення

втрата вуглеводнів від випаровування. Тому це теж добре помітні об'єкти для повітряної розвідки. Найбільш захищеними є повністю заглиблені в землю залізобетонні резервуари для світлих нафтопродуктів, які мають прямокутну форму і ємність переважно 5000 м³. Однак, і ці резервуари недостатньо захищені від високоточних «корегуємих авіаційних бомб» типу КАБ-500С російського виробництва, а також від озброєння будь-якого тактичного БпЛА типу: RQ-9 Predator B, MQ-9 Reaper, X-47B.

Для терориста-одинака великий інтерес представляють елементи технологічної обв'язки резервуарів вертикального типу, що дозволяють підпалити нафтопродукт без руйнування корпусу, тихо і непомітно. Це, перш за все, те, що знаходиться на рівні землі, тобто люк-лаз, приймально-роздавальний патрубок і хлопавка, пошкодження яких призводить до розливу нафтопродуктів. Надалі, можна зробити підпал, який забезпечить вибух резервуару з бензином і поширення вогню по всій нафтобазі. На даху резервуару знаходиться світловий люк, замірний люк або ж камера виміру рівня, вентиляційний патрубок. Через дані технологічні отвори також може бути вкинута термітний сірник, або запальний снаряд з окислювачем в оболонці, який буде плавати на поверхні, оболонка буде поступово розчинятися нафтопродуктом, а потім виникне полум'я і вибух.

В принципі, будь-яке технологічне врізання у резервуар, наприклад, змонтований на вогневому запобіжнику дихальний клапан, може бути використане для запалювання нафтопродукту за наявності гайкового ключа, підривного шнура, заповненого гексогеном або октогеном, термітної гранати та при відсутності надійної охорони. Крім того, при зловмисному пошкодженні дихального клапана, при наступній відкачці нафтопродукту резервуар може бути зім'ятий атмосферним тиском і зруйнований. Для нафтобаз характерна велика, щільно забудована територія і нечисленна охорона. Все це сприяє потайному проникненню та встановленню непомітних, кумулятивних магнітних мін з часовим механізмом на корпус резервуарів. Варіантів багато. Однак загроза з боку БпЛА є найактуальнішою, оскільки не потребує проникнення на територію нафтобаз.

4. Ударні БпЛА - сьогодення і майбутнє

Тема БпЛА є найбільш обговорюваною на даний час. Історія ударних БпЛА починається з 23 вересня 1957 року, коли КБ Туполева отримало держзамовлення на розробку мобільної ядерної надзвукової крилатої ракети середнього радіусу дії. Розроблені КБ Ту-123 «Яструб», Ту-141 «Стриж», Ту-143 «Рейс», які були виготовлені з 1964 по 1979 рік, в деяких країнах експлуатуються і донині. Практично водночас, на початку 1960-х років, в США була почата розробка висотного БпЛА Red Wadon. Під час війни у В'єтнамі для проведення фоторозвідки використовувався БпЛА 147E. Під час арабо-ізраїльського конфлікту в 1973 році, ізраїльські БпЛА IAI Scout і Mastiff провели детальну розвідку. Далі, за допомогою ізраїльських самонавідних протирадіолокаційних ракет були знищені 18 сирійських батарей ЗРК. При відсутності загрози від зенітних ракет успіх ізраїльської авіації був вражаючим. В 1991 році, в ході війни в Перській затоці (операція «Буря в пустелі»), США, Великобританія, Франція ефективно використовували БпЛА Pioneer, Exdrone, Midge, Alpilles Mart. Ірак використовував Al Yamamah, Makareb-1000, Sahreb-1 і Sahreb-2. З того часу розвідувальні і ударні БпЛА стали невід'ємною складовою практично усіх армій світу.

Безумовним лідером конструювання і застосування БпЛА є США. У 2010 році в ВПС США чисельність операторів БпЛА досягла 400 осіб. В 2012 році кількість БпЛА в складі збройних сил США досягло 7494 одиниць, в той час, як кількість пілотованих апаратів була 10767 одиниць. Сучасний тактичний БпЛА США несе ракетно-бомбове навантаження до 2,5 тонн, має крейсерську швидкість близько 300 км/год., дальність польоту до 6000 км, може перебувати в польоті до 30 годин на висоті до 15 км. БпЛА безперервно сканує площу 60 км², а у режимі «миттєвих знімків» розрізняє об'єкти розміром до 10 см. Він також здійснює лазерне цілевказування всьому спектру боєприпасів НАТО і здатний знищити типову нафтобазу, не входячи в зону видимості ППО. Безсумнівно, що ударні БпЛА будуть розвиватися і поступово витіснять штурмову, бомбардувальну і винищувальну авіацію.

5. Розвідувальні і диверсійні БпЛА

В даному класі присутні малогабаритні БпЛА і квадрокоптери, які не вимагають злітно-посадкової смуги і спеціального транспорту для перевезення. Умовно кажучи, це БпЛА «чемоданного типу», які, тим не менш, здатні здійснювати розвідку територій в інфрачервоному, видимому і ультрафіолетовому діапазонах електромагнітних хвиль, нести бомбове навантаження до 5,0 кг, виконувати функції постановників перешкод GPS-навігації, брати участь в радіоелектронній боротьбі, здійснювати ретрансляцію сигналів, атакувати антени радіолокаторів, а також нафтобази та інші пожежонебезпечні об'єкти. Незважаючи на те, що час їх польоту обмежений ємністю акумуляторів, їх результативність за співвідношенням: «вартість втраченого БпЛА» і «сума завданих фінансових збитків» може багаторазово перевершувати штурмову авіацію та її «корегуємі авіаційні бомби».

Вітчизняне науково-виробниче підприємство «Атлон Авіа» розробило власну версію безпілотного розвідувального авіаційного комплексу – «Фурія», з планером типа «літаюче крило». Живлення здійснюється за допомогою двох батарей по 16 тис. міліампер-годин кожна, що в залежності від погодних умов дозволяє апарату перебувати в повітрі до двох годин. Крейсерська швидкість – 65 км/год. Максимальна швидкість 130 км/год. Дальність польоту від точки повернення близько 50 км. Зв'язок з оператором – до 30 км. «Фурія» оснащена денною та нічною оптичною системою спостережень.

Аналогом «Фурії» є російський БпЛА «Тахіон» (unmanned aerial vehicle «Tachyon»). Він має наступні характеристики. Злітна маса – 25 кг. Довжина - 610 мм. Розмах крил – 2000 мм. Корисне навантаження – 5,0 кг. Двигун електричний. Максимальна швидкість польоту – 120 км/год. Крейсерська швидкість – 65 км/год. Максимальна висота польоту – 4000 м. Мінімальна – 50 м. Радіус дії – 40 км. Час розгортання – 10 хв. «Тахіон» пристосований для перевезення в багажнику легкового автомобіля і призначений для ведення розвідки вдень і вночі, а також для організації зв'язку в якості ретранслятора. Старт здійснюється з катапульт. Посадка – на парашуті. Тривалість польоту до шести годин. Електродвигун живлять паливні елементи. В якості палива використовується стислий водень. Атмосферний кисень використовується як окислювач. За своїми параметрами БпЛА «Тахіон» може бути використаний як БпЛА-камікадзе.

Більш потужний російський БпЛА «Форпост» має злітну масу 454 кг. Робоча швидкість складає 126÷148 км/год. Максимальна висота польоту – 5797 м. Тривалість польоту – 17,5 год. Максимальна дальність дії – 250 км. Двигун ізраїльський, бензиновий – Jabiru 2200. Вантажопідйомність, у тому числі можливе бомбове навантаження – до 100 кг.

6. Запальні речовини

Недавні події сприяли тому, що кустарні технології виробництва запальних і вибухових сумішей стали загальнодоступними. І цей факт треба враховувати як об'єктивний і як такий, що відбувся. Спробуємо оцінити з якими кустарно виготовленими запальними сумішами доведеться боротися працівникам нафтобаз, виходячи з того, що атака з повітря буде здійснюватися на дах резервуарів, де товщина металу мінімальна. Як відомо, температура плавлення заліза становить 1539°C. У якості горючої суміші для пропалювання даху резервуара, швидше за все, буде використаний терміт, температура горіння якого досягає 3000°C, а продуктом згорання є розплавлене залізо. Розплавлений терміт легко пропалює тонкі листи заліза і забезпечує проникнення палаючих крапель всередину резервуара. Терміт виготовляється з порошоків оксиду заліза і алюмінію, з добавками магнію, сірки, перекису свинцю, нітрату барію і пластифікаторів. Терміт дуже інертний. У якості ініціатора горіння застосовують суміш з нітрату калію, алюмінієвої пудри та сірки.

Крім того, для розпалювання терміту можуть бути використані найрізноманітніші, аналогічні напалму, суміші та пірогелі з розчиненим полістиролом, в тому числі самозаймисті. Для виготовлення пірогелей можуть бути використані важкі нафтопродукти, нітрат натрію, рідкі похідні алюмінію і металевий калій та натрій у крихких пробірках з керосином для самозаймання суміші. Для пропалювання отвору в резервуарі також може бути використаний

пластифікований білий фосфор з добавками каучуку. Білий фосфор стійкий при зберіганні, здатний прилипати навіть до вертикальних поверхонь і випалювати в них наскрізні отвори. Незважаючи на велику кількість рецептур напалму і пірогелей, деякі їх компоненти є важкодоступними, і особи, які ними цікавляться, можуть бути встановлені.

7. Шляхи вирішення проблеми

Переобладнання БпЛА типа «літаюче крило» у «літаючу, самонавідну бомбу» за магнітними властивостями металевих резервуарів цілком можливе з використанням загальнодоступних електронних комплектуючих. Властивості напалму «прилипати» до металу, а терміту проплавляти його теж відомі. Необхідний ефективний захист. Просто так захистити дахи резервуарів від атаки БпЛА жароміцним бетоном неможливо в зв'язку з тим, що дахи резервуарів не були розраховані на додаткове механічне навантаження. Тому необхідне проведення цільових науково-дослідних робіт зі створення дешевих, легких, водостійких, вогнетривких покриттів, наприклад з керамзиту та природних тугоплавких матеріалів і з розробки індивідуальних проектів під кожен конкретний нафтобазу.

Зрозуміло, що повний захист можуть забезпечити тільки сховища нафтопродуктів в товщах соляних діапирів, як це роблять у США. У Дніпровсько-Донецької западини та на Закарпатті соляних діапирів вистачить на усю Європу. Можливо також використання родовищ легкої нафти в якості природних, недоступних навіть ядерному бомбардуванню, сховищ вуглеводнів. Що стосується майбутньої мережі міні-НПЗ, які необхідно мати буквально в кожній автоколоні, в кожному великому військовому з'єднанні, то з інженерної точки зору це не є проблемою. В Україні таких міні-НПЗ вже десятки і досвід їх створення є. Доречі, в Росії, конкретно в Краснодарському краї, деякі родовища легкої нафти націоналізовані, засекречені і законсервовані на випадок війни.

Можливо, Україні також необхідно націоналізувати і законсервувати декілька нафтогазоконденсатних родовищ з вуглеводневою сировиною відповідних параметрів, підготувати і поставити на озброєння мобільні НПЗ, відпрацювати логістику. У зв'язку з цим, також необхідне проведення відповідних науково-дослідних робіт з геолого-економічного та геолого-технологічного аналізу фонду нафтогазових родовищ України. Це необхідне з метою підготовки науково обґрунтованих пропозицій щодо зміцнення обороноздатності країни у частині надійного, територіально розосередженого забезпечення моторним паливом Збройних Сил України і народного господарства на випадок повномасштабної війни. Продумана, міцна оборона – запорука миру.

Незважаючи на вражаючі досягнення науки і техніки, поки що вуглеводневу паливу альтернативи немає, навіть в силу тих обставин, що на борту достатньо мати тільки енергоносії, а окислювач завжди знаходиться в атмосферному повітрі. Тому у наших стратегічних планах нафтопродукти є основний, незамінний енергоносії. Безсумнівно, що питання стратегічного прогнозу і планування дуже важливі. Однак, найбільш невідкладним завданням сьогодення є проблема розробки і впровадження заходів з комплексного захисту сховищ моторного палива, незалежно від форми їх власності.

Надійне забезпечення транспортних засобів паливом – це не тільки бізнес, але і велика державна проблема. Паливо, яке згоріло в 2015 році на нафтобазі БРСМ – це не тільки збитки його власника. Це удар по екології, це стрибок цін від дефіциту, це непоправні втрати людських життів. Одна єдина пожежа принесла такі фінансові збитки, яких з лишком би вистачило на те, щоб закупити відповідне обладнання українського виробництва та придушити при необхідності GPS-навігацію над усіма резервуарними парками України, і відігнати від них БпЛА потенційного противника.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що можливість прихованої терористичної атаки за допомогою БпЛА-камікадзе, запущеного безпосередньо з території України, практично на будь-яку нафтобазу, є реальною загрозою, яка не вимагає значних фінансових витрат з боку зловмисників.

2. Доведена можливість виготовлення кустарним способом запалювальних бомб із розповсюджених матеріалів, спеціально для підпалу великотоннажних резервуарів з бензином, що підвищує вірогідність здійснення терористичної атаки БпЛА-камікадзе.

3. Розглянута терористична загроза є відносно новим, неочікуваним видом загрози, до якої ні персонал, ні власники нафтобаз, ні служби Цивільної оборони поки ще не підготовлені.

Таким чином, терористична атака за допомогою БпЛА-камікадзе на будь-яку нафтобазу, на резервуарний парк будь-якого нафтопереробного заводу України, цілком можлива. Сформульована проблемна ситуація вимагає глибокого наукового осмислення і проведення відповідних науково-дослідних робіт в інтересах Української держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Пожежа на нафтобазі у Васильківському районі. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії від 13 червня 2016, Портал: Україна.

2. Справочник Химика. Т.6. Изд-е 2-е, перер. Л., издательство «Химия», 1967, – 1012 с., ил.

3. Папок К.К., Рагозин Н.А. Словарь по топливам, маслам, смазкам, присадкам и специальным жидкостям (химмотологический словарь). Изд. 4-е пер. и доп., М., «Химия», 1975, 392 с., 244 табл., – 114 рис.

4. Лейбо А.Н., Хесин Э.Б., Черняк Я.С. Справочник механика нефтеперерабатывающего завода. М., ГНТИ «Нефтяной и горно-топливной литературы», 1963, – 804 с.

5. Глебов Н.В. Безопасность при работе с нефтепродуктами. Л., изд-во «Колос», 1971, 144 с.

6. Беспилотный летательный аппарат. Матеріал из Википедии – свободной энциклопедии. Обзор от 7 апреля 2016 г.

7. Украинский БпЛА поля боя БпАК А1-С Фурия. Источник: <http://www.milnavigator.com/ukrainskij-bpla-polya-boya-bpak-a1-s-furiya/>

8. Беспилотный летательный аппарат «Тахион». Источник: <http://bastion-opk.ru/tahion-bla/> ОВТ «Оружие отечества» А.В.Карпенко

9. Барон В.Л., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. – М.: «Недра», 1989, – 376 с. ил.

10. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности. Шрейбер Г.К., Перлин С.М. Шибряев Ф.М., М., «Машиностроение», 1969, – 396 с.

В.М. Безштанько
канд. техн. наук

В.В. Мохор
д-р техн. наук, проф.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ РИЗИКІВ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ НА ОБ'ЄКТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Робота присвячена розробці математично обґрунтованого методу визначення відтворюваних кількісних оцінок ймовірностей граничних ризиків безпеки інформаційних ресурсів, які можуть задаватися як проектні вимоги при створенні комплексних систем захисту інформації або/та систем управління інформаційною безпекою на об'єктах критичної інфраструктури. Одержані наукові результати дозволяють підвищити якість і продуктивність функціонування комплексних систем захисту інформації або/та систем управління інформаційною безпекою шляхом використання створеного математично обґрунтованого формалізованого методу визначення відтворюваних кількісних оцінок ймовірностей граничних ризиків безпеки інформаційних ресурсів.

Ключові слова: *інформаційний ресурс, ризик інформаційної безпеки, відтворюваність, продуктивність, комплексна система захисту або/та система управління інформаційною безпекою, об'єкт критичної інфраструктури, лінійне діофантове рівняння.*

V. Bezshanko
Cand. of Sc. (Eng.)

V. Mokhor
Doc. of Sc. (Eng.), Prof.

METHOD OF DETERMINING THE LIMIT RISKS OF INFORMATION RESOURCES SECURITY ON THE OBJECT OF CRITICAL INFRASTRUCTURE

The work is devoted to the development mathematically reasonable method for determining reproducible quantitative estimates of limiting risk probabilities of the information resources security that can be defined as the project requirements in the creation process of complex information security systems and/or systems of information security management on the object of critical infrastructure. Using research results lets improve the quality and the performance operation of complex information security systems and/or systems for information security management by applying mathematical reasonable formalized method of determining reproducible quantitative estimates of limiting risk probabilities of the information resources security.

Keywords: *information resource, information security risks, reproducibility, productivity, complex information security systems and/or systems for information security management, the object of critical infrastructure, linear diophantine equation.*

Законом України «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах» [1] визначено, що інформація, яка є власністю держави, або інформація з обмеженим доступом, вимоги до захисту якої визначені законом, повинна оброблятися з використанням комплексних систем захисту інформації. Нормативними документами НД ТЗІ 1.1-002-99, НД ТЗІ 3.7-003-05 та ДСТУ ISO/IEC 27001:2010 [2-4], які регламентують порядок побудови таких

систем, визначена необхідність вибору критеріїв прийняття ризику та встановлення їх граничних значень, які дозволяють розділити ризики на прийнятні та неприйнятні. Граничні значення ризиків мають бути встановлені також як вихідні дані при визначенні проектних вимог до ймовірнісних показників при створенні комплексних систем захисту інформації (КСЗІ) та/або систем управління інформаційною безпекою (СУІБ).

Слід зазначити, що на практиці отримання граничних значень ризиків інформаційних ресурсів зазвичай зводиться до визначення прийнятних значень ймовірності виникнення певних втрат [5, 6]. Існуючі методи управління ризиками не повною мірою дають змогу сформуванню зрозуміле уявлення про інформаційні ризики на об'єкті критичної інфраструктури. Такі ускладнення спричинені, зокрема, труднощами формування експертних груп, невиконанням умов стаціонарності спостережень при накопиченні, аналізі та обробці даних, пов'язаних з інцидентами безпеки. Внаслідок цього отримання ймовірнісних характеристик граничних ризиків здійснюється на підставі не завжди відтворюваних та не досить достатніх статистичних даних щодо реалізації загроз безпеки інформаційних ресурсів на об'єктах критичної інфраструктури.

Зазначені обмеження свідчать про наявність протиріччя між потребами практики щодо підвищення якості й продуктивності функціонування КСЗІ або/та СУІБ і відсутністю достатньо суворого, формалізованого методичного підґрунтя для визначення ймовірностей граничних втрат і ризиків, використання яких задовольняли б вимоги щодо їх відтворюваності. Отже, виникає необхідність у розробці математично обґрунтованого формалізованого методу визначення відтворюваних кількісних оцінок ймовірностей граничних ризиків безпеки інформаційних ресурсів на об'єктах критичної інфраструктури, які можуть задаватися як проектні вимоги при створенні КСЗІ або/та СУІБ.

Було проаналізовано існуючі підходи і методи визначення прийнятних значень кількісних оцінок ймовірностей складових граничних ризиків взагалі і стосовно можливостей їх застосування для визначення проектних вимог при створенні КСЗІ або/та СУІБ на об'єктах критичної інфраструктури та встановлено для них обмеження, зокрема:

- відсутність формалізованого підходу до оцінювання значень комплексного (адитивного) ризику об'єкта інформаційної діяльності критичної інфраструктури;
- суттєва залежність достовірності ймовірнісних характеристик ризику від обсягу статистики;
- неможливість дотримання умов стаціонарності при накопиченні статистики, необхідної для формування оцінок складових ймовірностей граничних ризиків;
- складність формування експертних груп;
- низька відтворюваність результатів, заснованих на обробці експертних даних, при зміні складу груп експертів.

На підставі проведеного аналізу сформовано часткові завдання. Так, було визначено систему понять, які застосовуються в подальшому для обґрунтування коректності застосування запропонованих математичних аналогій. Зокрема, запропоновано розглядати такі абстрактні категорії як *елементарний інформаційний актив*, *елементарне джерело загрози* і *елементарний ризик*. Під елементарним інформаційним активом слід розуміти дані або засоби їх обробки, витрати на відновлення яких становлять одну певну одиницю вартості α , характер якої визначає власник цього активу. Далі, під елементарним джерелом загрози розуміють моментальне локальне явище, яке відбувається в унікальному місці, часі і потенційно здатне порушити конфіденційність, цілісність, доступність або спостережуваність елементарного інформаційного активу. Тоді елементарний ризик ρ як певний стан елементарного інформаційного активу, в якому він знаходиться під впливом елементарного джерела загрози, можна визначити аналітичним співвідношенням $\rho = \alpha \cdot P$, де P – змінна величина, що саме характеризує ступінь впливу елементарного джерела загрози на елементарний інформаційний актив. Зрозуміло, що природній суті змінної P найбільшою мірою відповідає математична категорія ймовірності.

На підставі поняття елементарного ризику можна визначити похідне поняття *простий ризик* – це стан реального інформаційного активу, в якому він перебуває під впливом елементарного джерела загрози. Аналітично такий ризик можна подати як співвідношення:

$$r = h \cdot \rho, \quad (1)$$

де h – коефіцієнт пропорційності витрат на відновлення даного інформаційного активу відносно витрат на відновлення елементарного інформаційного активу. Зважаючи на те, що $\rho = \alpha \cdot p$, співвідношення (1) можна записати у такому вигляді:

$$r = h \cdot \rho = h \cdot \alpha \cdot p = a \cdot p, \quad (2)$$

де $a = h \cdot \alpha$.

Відповідно під *комплексним (складним) ризиком* R будемо розуміти певну комбінацію простих ризиків. Якщо така комбінація ризиків має адитивний характер, то має сенс говорити про *адитивний ризик*, а для кількісної оцінки такого ризику використовувати співвідношення:

$$\sum_{j=1}^n r_j = R(r_j)$$

де $j \in (1, n)$ – номер простого ризику, n – кількість простих ризиків, R – є певна функція від простих ризиків.

Зрозуміло, що співвідношення адитивного ризику безпеки інформації щодо загроз конфіденційності, цілісності, доступності та спостережуваності має вигляд:

$$r_k + r_{\text{ц}} + r_d + r_c = R(r_k, r_{\text{ц}}, r_d, r_c), \quad (3)$$

де r_k , $r_{\text{ц}}$, r_d та r_c – прості ризики конфіденційності, цілісності, доступності та спостережуваності відповідно. Зважаючи на (2) співвідношення (3) можна подати такому вигляді:

$$a_k p_k + a_{\text{ц}} p_{\text{ц}} + a_d p_d + a_c p_c = R(r_k, r_{\text{ц}}, r_d, r_c). \quad (4)$$

Якщо порівняти це співвідношення з рівнянням площини в чотиривимірному просторі, відомому з курсу аналітичної геометрії, то можна побачити їх повне співпадіння у випадку, коли $R(r_k, r_{\text{ц}}, r_d, r_c) = R = \text{const}$. При цьому відомо, що така площина є границею, яка поділяє відповідний чотиримірний простір на два «напівпростори», один з яких лежить «над» цією площиною, а другий – «під» площиною. Це дає привід для постановки наукової задачі, в якій за рахунок розкритого ізоморфізму параметрів між аналітичним описом адитивного ризику і рівняннями площин у просторі розробляється формальний підхід до визначення відтворюваних оцінок значень граничних ймовірнісних показників прийнятних/неприйнятних ризиків безпеки інформації (конфіденційності, цілісності, доступності та спостережуваності), придатних для застосування як проектних вимог при створенні КСЗІ або/та СУІБ на об'єктах критичної інфраструктури.

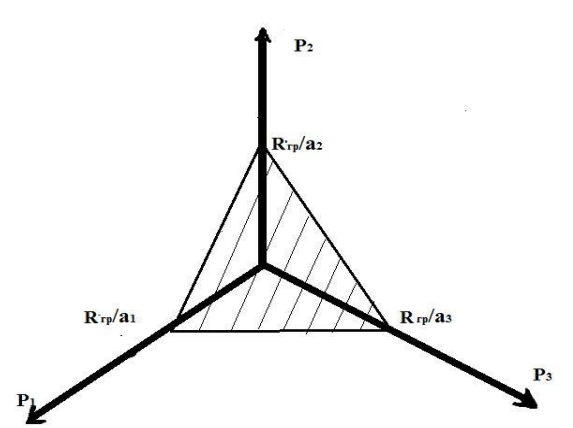
Далі створюється модель визначення первинних, вихідних умов і обмежень, за яких формальний ізоморфізм параметрів між описом адитивних ризиків безпеки інформації і рівнянням площини в n -вимірному просторі буде коректним і продуктивним.

По-перше, слід зазначити, що в загальному випадку ризик безпеки інформації щодо можливих загроз конфіденційності, цілісності, доступності та спостережуваності описується співвідношенням такого вигляду:

$$\begin{aligned} & a_k p_k + a_{\text{ц}} p_{\text{ц}} + a_d p_d + a_c p_c + a_{\text{кц}} p_k p_{\text{ц}} + a_{\text{кд}} p_k p_d + a_{\text{кс}} p_k p_c + a_{\text{цд}} p_{\text{ц}} p_d + a_{\text{цс}} p_{\text{ц}} p_c + \\ & + a_{\text{дс}} p_d p_c + a_{\text{кцд}} p_k p_{\text{ц}} p_d + a_{\text{кцс}} p_k p_{\text{ц}} p_c + a_{\text{кдс}} p_k p_d p_c + a_{\text{цдс}} p_{\text{ц}} p_d p_c + a_{\text{кцдс}} p_k p_{\text{ц}} p_d p_c = \\ & = R(r_k, r_{\text{ц}}, r_d, r_c) \end{aligned}$$

яке враховує взаємний вплив джерел загроз. Проте, якщо джерела загроз впливають незалежно одне від одного, а це має місце в переважній більшості випадків, то останнє співвідношення спрощується і повертається до вигляду (4).

По-друге, окремі події впливу джерел загроз на інформаційний актив не є такими, що належать до спільної групи подій, яка б могла бути повною групою подій. Таким чином, значення змінних ймовірностей p_K, p_C, p_D та p_C не пов'язані між собою умовою $p_K + p_C + p_D + p_C = 1$ і можуть змінюватись незалежно одна від одної. Тоді можемо розглядати чотиривимірну систему координат, побудовану на осях пропорційності ймовірностей, таких, що на кожній з осей відкладається значення $r_j = a_j \cdot p_j (j \in \{K, C, D, C\})$. При цьому з досить загальних міркувань можна прийняти, що множина всіх можливих четвірок $(r_K; r_C; r_D; r_C)$ утворює векторний простір, який будемо називати простором ризиків, а будь-яка конкретна четвірка $(r_K; r_C; r_D; r_C)$ в цьому просторі є точкою в цього простору.

<p>По-третє, площину, що ділить простір ризиків на два підпростори прийнятних та неприйнятних ризиків, називатимемо надалі площиною граничних ризиків. Визначення певного значення $R(r_K, r_C, r_D, r_C) = R_{cp} = const > 0$ змістовно відповідає віддаленню площини граничних ризиків від точки початку координат у напрямку позитивних значень, що також гармонізується з суттю поняття ризику безпеки інформації (ризик безпеки не може набувати від'ємних значень). Для зручності надалі замість змістовних значень індексів $i \in \{K, C, D, C\}$ будемо застосовувати індекси з</p>	 <p>Рисунок 1 – Площина граничних ризиків</p>
--	---

множини натуральних чисел $j \in \{1, 2, \dots, n\}$, а для ілюстрації, обмежимося випадком $n = 3$. Отже, рис. 1 ілюструє тривимірний простір, в якому нескінченна множина точок, що задовольняють рівняння:

$$a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3 = R_{cp} \quad (5)$$

і, водночас, обмежена гранями, які проходять крізь трійки точок з координатами $(a_1; a_2; 0)$, $(a_1; 0; a_3)$, $(0; a_2; a_3)$, являє собою площину граничних ризиків. З наведеного рисунку зрозуміло, що підпростір, для координат всіх точок якого виконується умова $a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3 > R_{cp}$, є підпростором неприйнятних ризиків, а підпростір, для координат точок якого виконується умова $a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3 < R_{cp}$, є підпростором прийнятних ризиків. Множина трійок ймовірностей $(p_1; p_2; p_3)$, що задовольняють рівняння (5), є множиною граничних значень, які поділяють ймовірності втрат від реалізації відповідних загроз на прийнятні і неприйнятні. Отже, якщо визначити значення наборів цих ймовірностей $(p_1; p_2; p_3)$ за рівнянням (5) при заданих R_{cp} та a_1, a_2, a_3 , то вони становитимуть первинну множину для вибору конкретних значень проектних норм, встановлюваних при створенні КСЗІ або СУІБ.

Отже, основним завданням, яке потребує розв'язання на етапі формування рівняння (5) в контексті його інтерпретації як площини граничних ризиків, є надання оцінкам граничного ризику R_{cp} та припустимих втрат щодо окремих складових загроз безпеки інформації a_1, a_2, \dots

конкретних значень. Для розв'язання цього завдання було запропоновано інтерпретаційну модель. Так, зазвичай, завдання оцінок втрат a_j не є складним завданням: власник інформаційного ресурсу встановлює ці оцінки шляхом визначення вартості відновлення інформаційного ресурсу при його частковій або повній втраті внаслідок реалізації загрози певного виду. Щодо визначення оцінок R_{ep} пропонується застосовувати такий підхід. Об'єкт інформаційної діяльності в процесі свого функціонування слугує розв'язанню певних функціональних або технологічних завдань, які завжди можуть бути охарактеризовані визначеною економічною доцільністю, економічними наслідками. Якщо за певний період часу, який має номер i , інформаційний ресурс забезпечив отримання економічних наслідків, які оцінюються величиною P_i , то їх можна порівняти з оцінкою очікуваних економічних наслідків, які планувались на рівні величини $P_{план,i}$ і визначити відхилення:

$$G_i = |P_{план,i} - P_i|$$

За всіма періодами часу і за всіма відомими відхиленнями обчислюється середнє G_{cp} і середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (G_i - G_{cp})^2}{m^2}}$$

де $i \in (1, m)$; m – кількість періодів часу, що розглядаються.

Отримане середньоквадратичне значення відхилення σ можна вважати оцінкою впливу інформаційної невизначеності використання конкретного інформаційного активу на економічні результати, а отже й оцінкою границі інформаційного ризику:

$$R_{ep} = \sigma$$

Таким чином, у рівнянні площини граничних ризиків безпеки інформації:

$$a_K p_K + a_{Ц} p_{Ц} + a_{Д} p_{Д} + a_C p_C = \sigma \tag{6}$$

і лишається його доповнити обмеженнями, які відсікають від'ємні значення ймовірностей. Ці обмеження задаються рівняннями площин, що проходять крізь трійки точок з координатами (

$\frac{\sigma}{a_K}; \frac{\sigma}{a_{Ц}}; \frac{\sigma}{a_{Д}}; 0$), $(\frac{\sigma}{a_K}; \frac{\sigma}{a_{Ц}}; 0; \frac{\sigma}{a_C})$, $(\frac{\sigma}{a_K}; 0; \frac{\sigma}{a_{Д}}; \frac{\sigma}{a_C})$, $(0; \frac{\sigma}{a_{Ц}}; \frac{\sigma}{a_{Д}}; \frac{\sigma}{a_C})$, а саме:

$$p_K \geq 0, p_{Ц} \geq 0, p_{Д} \geq 0, p_C \geq 0 \tag{7}$$

Отже, рівняння (6) і система обмежень (7) визначають множину наборів значень граничних ймовірностей, які забезпечують не перевищення заданого рівня адитивного ризику R_{ep} безпеки інформації. Проте ця множина є нескінченно-незчисленною і, отже, виникає наступне завдання: яким чином можна позбавитись цієї нескінченної незчисленності? Для розв'язання

цього завдання було розроблено метод визначення наборів прийнятних значень ймовірностей граничних ризиків безпеки інформації. Метод заснований на трансформації рівняння типу (6), визначеного на множині дійсних чисел, у відповідне неоднорідне лінійне діофантове рівняння, визначене на множині додатних цілих чисел Z_+ .

У загальному випадку слід зазначити, що ризик безпеки інформації можна визначати не лише за джерелами загроз конфіденційності, цілісності, доступності і спостережуваності, але й за складом інформаційних активів, яких може бути значно більше, ніж $n = 4$. Тоді, межа між прийнятними і неприйнятними ризиками являтиме собою гіперплощину в гіперпросторі та описується рівнянням:

$a_1 \cdot p_1 + \dots + a_j \cdot p_j + \dots + a_n \cdot p_n = R_{ep}, j \in (1, n)$	(8)
--	-----

Пошук наборів ймовірностей виникнення втрат з рівняння (8) при $n > 4$ в дійсних числах без додаткових відомостей/обмежень становитиме задачу, що практично не розв'язується. Для вирішення даного завдання запропоновано трансформаційну модель, яка перетворює рівняння (8), розв'язанням якого є нескінченна множина наборів ймовірностей, на діофантове рівняння зі скінченною кількістю наборів можливих розв'язків, де додатковими відомостями є:

1) у задачах створення КСЗІ або/та СУІБ вимоги до ймовірнісних характеристик складових засобів задаються зі скінченною точністю, тобто з певною кількістю знаків після коми;

2) визначення граничних оцінок адитивного ризику безпеки інформації, а також припустимих втрат щодо окремих складових загроз безпеки інформації як результатів впливу інформаційної невизначеності на економічні наслідки також не має сенсу здійснювати з нескінченною точністю; параметри, прив'язані до фінансових показників, природно обмежені в певній кількості знаків після коми.

Отже, в рівнянні (8), яке описує граничну площину адитивного ризику, всі складові є раціональними числами. Більше того, якщо всі складові в лівій частині рівняння є раціональними числами, то вся ліва частина є раціональним числом. А оскільки і права частина цього рівняння є також раціональним числом, то раціональні числа в правій і лівій частинах мають бути рівними. Тобто елементарними арифметичними перетвореннями рівняння (8) може бути трансформовано в таке, всі складові якого будуть цілими числами, а отже в неоднорідне лінійне діофантове рівняння. В цьому випадку множина рішень рівняння (8) є зчисленною. А з урахуванням обмежень (7) зчисленна множина рішень рівняння (8) виявляється ще й скінченною. При цьому слід лише забезпечити виконання умов існування розв'язків рівняння (9).

Виходячи з відомих результатів діофантового аналізу [7] для існування розв'язків рівняння (8) мають бути виконані такі умови/обмеження:

1. Рівняння виду (8) розв'язується в цілих числах, якщо найбільший спільний дільник d чисел $a_1, \dots, a_j, \dots, a_n$ є дільником числа R_{cp} . Таким чином, $R_{cp} = d \cdot t$, де t – деяке ціле число. З цього положення випливає наступне слідування: якщо деякі цілі числа $p_1, \dots, p_j, \dots, p_n$ задовольняють рівняння виду (8), то d буде дільником кожного добутку чисел $a_1 \cdot p_1, \dots, a_j \cdot p_j, \dots, a_n \cdot p_n$, а також буде дільником їх суми R_{cp} . У цьому випадку говоритимемо, що d є дільником рівняння (8).

2. Якщо найбільший спільний дільник рівняння (8) більший за одиницю ($d > 1$), то при приведенні рівняння до $d = 1$ кількість рішень та їх значення не зміняться, а коефіцієнти $a_1, \dots, a_j, \dots, a_n$ і R_{cp} стають взаємно простими числами.

3. Для існування $d > 1$ рівняння виду (8) необхідно, щоб R_{cp} не було простим числом.

4. З пунктів 1 і 3 випливає, що якщо R_{cp} – просте число, то для існування розв'язку рівняння (8) в цілих числах необхідно, щоб найбільший спільний дільник d чисел $a_1, \dots, a_j, \dots, a_n$ дорівнював одиниці.

5. Для існування додатного рішення рівняння (8) в цілих числах необхідно крім умов за п. 1 або п. 4 виконання такої умови:

$$R_{cp} \geq (a_1 + \dots + a_j + \dots + a_n)$$

Сутність запропонованого методу полягає в перевірці коефіцієнтів рівнянь (8) на виконання умов/обмежень 1–5, а в разі необхідності – забезпечення їх виконання шляхом варіації значень a_j та R_{cp} у межах прийнятних статистичних похибок.

Розроблений на основі запропонованих моделей діофантовий метод дає змогу шляхом коригування припустимих величин втрат і прийнятного граничного ризику визначити скінченну множину можливих наборів граничних ймовірнісних значень. У тому разі, коли така

множина налічує певну кількість наборів, серед них має бути обрано один за певним критерієм для подальшого використання як проектних вимог при створенні КСЗІ або/та СУІБ на об'єктах критичної інфраструктури.

Так, одним із можливих способів вибору прийнятних варіантів з множини всіх отриманих наборів рішень на підставі селекції скінченної множини отриманих наборів граничних ймовірностей може здійснюватися за двома критеріями:

- найменшої різниці певних значень ймовірностей з отриманих наборів від апріорно відомих;

- відповідності впорядкованості елементів отриманого набору ймовірностей певному апріорному характеру.

Як приклад, у табл. 1 наведено вихідні дані, стосовно яких шляхом розрахунків визначено показники припустимих ймовірностей втрати відповідних складових інформаційного ресурсу (персональний комп'ютер).

Таблиця 1

Приклад використання методу

№ п/п	Елемент комп'ютера	Модифікація елемента	Вартість елемента, грн	Величина втрат a_j	Ознака впорядкованості			Значення ймовірності $P_j\%$	Еталонні значення ймовірності $P_j\%$
					Рез. 1	Рез. 2	Рез. 3		
1	Жилет	AMD A8-3850	506	5	* 9	* 9	* 9	9,46 ≈ 9	9,46 ≈ 9
2	Модернізація	3000000	230	2	+ 6	+ 5	+ 8	-	6
3	ОЗП	PSYDOR 30	292	3	- 6	- 8	+ 6	-	6,19 ≈ 6
4	Магнітний диск	Seagate	646	7	* 4	* 4	* 4	3,57 ≈ 4	3,57 ≈ 4
5		WD 3200A	784	8	* 4	* 4	* 4	3,51 ≈ 4	3,51 ≈ 4
6		NETCARD	391	4	+ 3	+ 2	+ 2	-	1,83 ≈ 2
7	Відеорадап	GT 450	614	6	* 1	* 1	* 1	1,15 ≈ 1	1,15 ≈ 1
8	Мікропроцесор	Intel Core	860	9	- 3	- 3	- 3	-	0,29 ≈ 1

Оцінювання величини втрат a_j складових виконане за десятибальною шкалою. Адитивне значення граничного ризику відновлення інформаційного ресурсу визначено у розмірі $R_{сп} = 180$ одиниць. Оцінка втрат приведена до десятибальної шкали. Прийнятні значення ймовірностей виникнення втрат визначаються у відсотках і, відповідно, набувають цілочисельних значень у межах $1 \leq x_j \leq 100$. Для визначення прийнятних значень ймовірностей x_j складових елементів даного інформаційного ресурсу складене рівняння:

$$2 \cdot p_1 + 3 \cdot p_2 + 4 \cdot p_3 + 5 \cdot p_4 + 6 \cdot p_5 + 7 \cdot p_6 + 8 \cdot p_7 + 9 \cdot p_8 = 180 \quad (9)$$

Значення втрат $a_1 = 2, a_2 = 3, a_3 = 4, a_4 = 5, a_5 = 6, a_6 = 7, a_7 = 8, a_8 = 9$ задовольняють вимоги 1–5 розділу 3:

а) сума значень $a_1 = 2, a_2 = 3, a_3 = 4, a_4 = 5, a_5 = 6, a_6 = 7, a_7 = 8, a_8 = 9$ втрат для складових інформаційного ресурсу менше значення граничного ризику, $(2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9) \leq 180$,

б) існує найбільший спільний дільник $d = 1$ для значень $a_1 = 2, a_2 = 3, a_3 = 4, a_4 = 5, a_5 = 6, a_6 = 7, a_7 = 8, a_8 = 9$ величини втрат;

в) ділення $R_{сп} = 180$ на $d = 1$ виконується без залишку.

Отже, рівняння (9) має розв'язок у множині додатних цілих чисел Z_+ . Пошук розв'язку здійснюється розробленим програмним засобом. Множина припустимих рішень складається з

482178 наборів. Для селекції з цієї множини прийнятних кандидатів звернімося до існуючих доступних джерел статистичних даних щодо відомих ймовірностей втрати деяких елементів заданого інформаційного ресурсу. Зокрема, в приведеному до десятибальної шкали вигляді ці значення становлять: для блоку живлення – 9; для відеоадаптера – 1; для материнської плати – 4; для магнітного накопичувача – 4. З множини наборів знайдених оцінок прийнятних значень ймовірностей відберемо набори, в яких значення ймовірностей зазначених (9; 1; 4; 4) збігалися зі значеннями статистичних ймовірностей. У результаті відбору отримано множинну з 62 варіантів розв'язку рівняння (9). Відраджуємо цю множину за відповідною впорядкованістю, що дає можливість з відібраної множини варіантів визначити 3 набори, що відхиляються від еталонних значень не більше ніж на дві одиниці.

Таким чином, у роботі вирішене актуальне наукове завдання щодо розробки математично обґрунтованого методу визначення відтворюваних кількісних оцінок ймовірностей граничних ризиків безпеки інформаційних ресурсів, які можуть задаватись як проектні вимоги при створенні комплексних систем захисту інформації або/та систем управління інформаційною безпекою на об'єктах критичної інфраструктури. Так, в розробленому методі на підставі використання моделі формального опису незчисленної множини складових гранично-припустимих ймовірностей ризиків безпеки інформації, інтерпретаційної моделі граничних оцінок адитивного ризику безпеки інформації та припустимих втрат й трансформаційної моделі переходу від рівняння площини в просторі до лінійного неоднорідного діофантового рівняння запропоновано формувати систему обмежень не лише на підґрунті відомих результатів діофантового аналізу (зокрема умов існування розв'язку), а й виходячи з розуміння невід'ємності значень оцінок ймовірностей і можливих втрат, що дало можливість замість аналізу нескінченно-зчисленної множини можливих варіантів перейти до скінченно-зчисленної множини можливих рішень, тобто до розгляду скінченної кількості варіантів прийнятних ймовірностей граничних ризиків.

Практичне значення отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних положень роботи до конкретних рекомендацій щодо визначення критеріїв прийняття ризику і безпосереднього їх використання при створенні комплексних систем захисту інформації та/або систем управління інформаційною безпекою на об'єктах критичної інфраструктури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах: Закон України від 05.07.1994 №80/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – №31, – ст. 286.
2. Загальні положення щодо захисту інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу: НД ТЗІ 1.1-002-99. – Чинний від 1999-04-28. – К.: ДСТСЗІ СБ України, 1999. – 15 с. – (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).
3. Порядок проведення робіт із створення комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі: НД ТЗІ 3.7-003-05. – Чинний від 2005-11-08. – К.: ДСТСЗІ СБ України, 1999. – 24 с. – (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).
4. Інформаційні технології. Методи та засоби досягнення інформаційної безпеки. Системи керування інформаційною безпекою. Вимоги. (ISO/IEC 27001:2005, IDT): ДСТУ ISO/IEC 27001:2010. – К.: Держспоживстандарт України, 2012. – 26 с. – (Національний стандарт України) (чинний з 1 липня 2012 року на підставі наказу Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 28.12.2010 № 631).
5. Мохор В. В. Вимоги до результатів оцінювання ризику безпеки інформації в кіберпросторі / В. В. Мохор, В. В. Цуркан, В. М. Безштанько // Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем : зб. наук. пр. за матеріалами VI Всеукр. наук.-практ. конф. (с. Коблево Миколаївської обл. 9–12 вересня 2014 р.). – Миколаїв : ТОВ Ділова інформація, 2014. – С. 43–44.

6. Безштанько В. М. Диофантов метод определения частоты нанесения ущерба вследствие реализации угроз информационной безопасности / В. М. Безштанько, В. В. Цуркан // Захист інформації. – 2013. – № 4 (15). – С. 278–283.

7. Безштанько В. М. Анализ условий разрешимости неоднородного положительного диофантового уравнения при моделировании рисков безопасности информации / В. М. Безштанько // Моделювання та інформаційні технології. – К. : ІПМЕ НАНУ, 2012. – Вип. № 66. – С. 92–96.

С.М. Чумаченко

С.В. Хоперський

С.О. Пономаренко

КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

Після 30 років аварії на Чорнобильській АЕС приходить час підведення комплексних висновків щодо самої аварії, а також життя країни-нації-території в пост-Чорнобильському стані. 30 років – повністю достатньо, щоб приступити до так званого міждисциплінарного аналізу цієї події та її наслідків.

В першу чергу це потрібно для того, щоб зрозуміти, що робити далі та щоб перетворити досвід і уроки Чорнобиля в досягнення людства, країни і населення, що в ній проживає. Але на сьогодні в повній мірі комплексний аналіз не завершений. Він не був зроблений тому, що не сформовані стратегічне бачення і цілі у вирішенні проблеми Чорнобильської АЕС та відсутні люди-групи-суспільно-політичні сили, що взяли б на себе відповідальність за комплексне вирішення всіх без винятку завдань з ліквідації наслідків аварії.

Комплексний підхід передбачає розгляд сукупності задач за такими напрямками:

- технічний і технологічний щодо ліквідації об'єкту техногенної загрози - Чорнобильської АЕС;

- екологічний – щодо екологічної реабілітації території як біологічного об'єкту, як біоекологічного комплексу у всьому його різноманітті і зв'язках із прилеглими територіями і природними утвореннями;

- соціальний і соціально-економічний щодо реабілітації жителів-робітників (як у минулому, так і тепер) зони Чорнобильської АЕС, а також широкого кола соціально незахищених ліквідаторів і постраждалих в результаті аварії – так званих «чорнобильців»;

- макросоціальний і макроекономічний, що мають на меті часткове, поетапне і максимально повноцінне повернення території, біоекологічного комплексу, території і населення, що так чи інакше пов'язані з ними, до нормальної господарської і соціальної діяльності;

На основі сукупності чітко сформованих і пов'язаних між собою задач за вказаними чотирма напрямками повинна бути сформульована єдина цілісна задача щодо формування комплексної технології повної ліквідації наслідків техногенної катастрофи глобального масштабу. Невже за 30 років в такій постановці нічого не було зроблено? Відповідь очевидна – було і досить багато. Але не все!

З урахуванням 30-річного розвитку людства до комплексної технології повинні входити, зокрема, такі нові технологічні елементи:

- спільний моніторинг (наземний, повітряний, космічний та водний) забруднених територій всіх країн, що постраждали в результаті аварії на Чорнобильській АЕС, та висвітлення його результатів у вільному доступі через сучасні мережеві технології в масштабі часу близькому до реального;

- поглиблений аналіз стану води, ґрунту, повітря, рослинності, населення та ін. на забруднених територіях на основі сучасних геоінформаційних технологій;

- очистка (рекреація) забруднених територій від сміття, хімічних реагентів і токсичних органічних відходів (крім важких металів і радіонуклідів) на основі екологічно безпечних і економічно доцільних технологій високотемпературної переробки при температурах більше 1500°C.

В.В. Бегун
к.т.н., доцент

В.Ф. Гречанинов
к.т.н.

ТЕХНІЧНІ ПИТАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУР ОЦІНКИ І УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

У статті наводиться детальний аналіз процедур оцінки і управління ризиками, їх методологічне, нормативне та програмне забезпечення. Розглянуті усі процедури та нормативні документи, їх виконання. Доведено, що нормативна база недосконала та застаріла, методологічне забезпечення недостатнє, програмне забезпечення відсутнє.

Ключові слова: безпека, оцінка і управління ризиками, запобігання аварій, моніторинг, процедура.

The article provides a detailed analysis of the assessment procedures and risk management, their methodology, regulation and software. It has been considered all procedures and regulations for their implementation. Proved that the regulatory framework is flawed and outdated, inadequate methodological support, software is missing

Keywords: safety assessment and risk management, accident prevention, monitoring, procedure.

Постановка проблеми. Тема статті відноситься до організаційних факторів безпеки. Проявом організаційних недоліків, недостатньої уваги щодо профілактики та запобігання інцидентів та випадків є високий рівень антропогенної небезпеки, травматизму та смертності на виробництві і побуті в Україні. Згідно з офіційними даними, нещасні випадки (НВ) та професійні захворювання в Україні трапляються у 5–8 разів частіше, ніж в інших промислово розвинутих країнах [1]. На виробництві щорічно гине близько тисячі осіб (для порівняння в Німеччині, де майже вдвічі більша кількість населення, – 200 осіб). Поза виробництвом щорічно гине ще біля 40 тис. осіб. Основними причинами високого рівня травматизму, смертності, аварій, катастроф та надзвичайних ситуацій (НС) є слабе методологічне забезпечення процедур оцінки і управління ризиками.

Аналіз останніх досліджень. Звісно, проблема застаріла, її дослідження та спроби рішення тривають з кінця 90-х років ХХ ст. багатьма авторами та інститутами [2,3]. Вирішення цього питання відбувається занадто повільно, що, на думку авторів, обумовлено загальними проблемами життєдіяльності в Україні, зокрема, високим рівнем корупції у наглядовій діяльності тощо. Але детального й повного аналізу процедур оцінки та управління ризиками, що наводиться у статті, – ще не було, тому робота є новою та актуальною.

Цілі дослідження. Аналіз методологічного забезпечення процедур оцінки і управління ризиками для подальшого впровадження парадигми ризик-орієнтованого підходу (РОП), наближення нормативної бази України до Європейських стандартів.

Основна частина. Відповідно до законодавства України, «управління ризиками – це діяльність, пов'язана з ідентифікацією, аналізом ризиків і прийняттям рішень, спрямованих на мінімізацію негативних наслідків настання вихідних подій (явищ) і/чи зменшення ймовірності їхньої реалізації до прийнятних значень». У загальному випадку процес управління ризиками при здійсненні діяльності на об'єкті включає виконання шести процедур та постійний моніторинг і контроль [2], а саме:

- Планування управління ризиками,
- Ідентифікація ризиків,
- Якісна оцінка ризиків,
- Кількісна оцінка ризиків,

- Планування реагування на ризики,
- Реалізація прийнятого рішення,
- Внутрішній моніторинг,
- Зовнішній (державний) моніторинг та страхування.

Більшість процедур управління ризиком нормована ще у 2002 р. лише двома постановами Кабінету Міністрів України (ПКМ) [5,6]. ПКМ №956 проходила чотири перегляди, але методика оцінки ризиків не переглядалася. Обмаль знань з теорії і практики управління ризиками на той час, відсутність (недоліки) програмного забезпечення (ПЗ) та інші обставини не забезпечували якісне виконання процедур управління ризиком. На сьогодні питань стало ще більше, оскільки відбулися суттєві зміни як у виробничому секторі, так і в структурі та методах управління. Великі об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН), у більшості, стали поділеними на окремі приватні підприємства промислового виробництва. Реєстр потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) з підпорядкування МНС переведено у архівну службу, МНС реорганізоване у державну службу України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Тимчасово скасовані перевірки ОПН та таке інше. Також з'явилися на території нашої держави нові об'єкти, як правило, з 100% іноземними інвестиціями, наприклад, супер- або гіпермаркети, які взагалі складно ідентифікувати за діючими нормами.

За ПКМ №306 [6] такі об'єкти відносяться до об'єктів підвищеного ризику (п.7), але за ПКМ №956 вони не ідентифікуються – не «дотягують» навіть до категорії ПНО за кількістю небезпечних речовин. Отже, маємо протиріччя. Ця обставина вводить в оману наших закордонних інвесторів за фактором безпеки. Законотворці, вони можуть попадати під вплив корупції, в основі якої є назване протиріччя. Але ж певні ризики, такі об'єкти, безумовно, створюють, що буде розглянуте нижче. Стосовно методичного забезпечення відбулися теж деякі зміни, наприклад, розроблені методики визначення пожежного ризику громадських будівель [7] та розповсюдження хімічно-небезпечних речовин [8]. Але їх впровадження стримується відсутністю ПЗ, тому що на його розробку не вистачає ресурсів. Але, на наш погляд, це лише формальна причина.

Розглянемо питання реалізації процедур за порядком їх виконання. *Планування управління ризиками* – це процес прийняття рішень щодо застосування методології ризик-орієнтованого підходу (РОП) для конкретної діяльності. Але ця процедура не має нормативної бази. На наш погляд, мають бути чіткі вимоги, щодо того кому і як потрібно взагалі планувати всі процедури. На інтуїтивному рівні ми розуміємо, що робити це потрібно на об'єктах, які підпадають під дію обох згаданих постанов [5,6]. Але ж, вимоги цих документів не конкретні за ступенем ризику. Існують також вимоги [6] щодо кількості працюючих, але ж вони теж застарілі як за формою, так і по суті. Ризик залежить не тільки від кількості працюючих та кількості небезпечних речовин, а й від типу захисного обладнання – систем безпеки (СБ), навченості персоналу та таке інше. Тобто, має виконуватися спрощена процедура попередньої оцінки ризику та повинні бути числові критерії розподілу об'єктів за ступенем ризику. Перші розрахунки потенційного ризику мають виконувати проєктанти – це світова практика, але ж цієї вимоги не має у нашому законодавстві. Власник та/або менеджер суб'єкту (об'єкту) повинні чітко розуміти з якою небезпекою вони мають справу та свої обов'язки стосовно управління ризиком. Також їм потрібно визначитися, чи підпадає суб'єкт (об'єкт) під вимоги діючих нормативно-законодавчих актів, і таким чином, чи зобов'язані вони займатися питаннями управління ризиком. При поширенні дії на суб'єкт (об'єкт) вимог діючих актів, менеджери мають виконувати *процедуру планування*. Ця процедура може містити в собі:

- створення спеціального підрозділу чи посади (залежно від масштабу суб'єкту (об'єкту), відповідального за оцінку й управління ризиками;
- визначення джерел даних для ідентифікації ризику;
- вибір методики оцінки ризиків;
- визначення інтервалу часу для аналізу ситуації (аварії).

Якщо суб'єкти господарської діяльності не підпадають від вимоги діючих актів, то інспекції з безпеки не мають права втручатися в їх діяльність.

Ідентифікація ризиків – друга процедура, що визначає, які ризики можуть вплинути на діяльність, що розглядається, та безпеку персоналу, населення і довкілля. Характеристики цих

ризиків повинні бути оформлені документально, за ПКМ №956 – це *повідомлення* про ідентифікацію. Але, як вже було згадано, у вимогах нормативних документів існують чисельні протиріччя та невизначеності. У згаданому прикладі щодо супермаркетів є великі проблеми з визначенням пожежного ризику для відвідувачів. План евакуації відвідувачів з площею $S > 10000 \text{ m}^2$ (а це типова площа супермаркету), рис.1, дуже складний і при задимленні, чи блокуванні деяких виходів, можливо навіть персоналу буде складно знайти шляхи евакуації. Інші загрози, наприклад, за час, що пройшов з 2002 р., з'явилося багато нового обладнання: нові більш досконалі схеми опалення, такі як дахові кондиціонери – руфтопи (рис. 2.). Але ж це потребує іншої схеми розводки газопроводів середнього й низького тиску – по поверхні дахів. Враховуючи великі площі, отримуємо й великі довжини трубопроводів. З цього, очевидно, слідує висновок, що необхідно виконувати числові оцінки ризиків за різними сценаріями та випадок аварії встановлювати допоміжні технічні СБ. Далі для всіх об'єктів у процесі діяльності, з урахуванням досвіду експлуатації, уточнюються дані щодо надійності систем захисту, процедур управління, помилок персоналу і робиться перерахунок ризиків. Але ж відсутні такі вимоги у нормативних документах та відповідні методики.

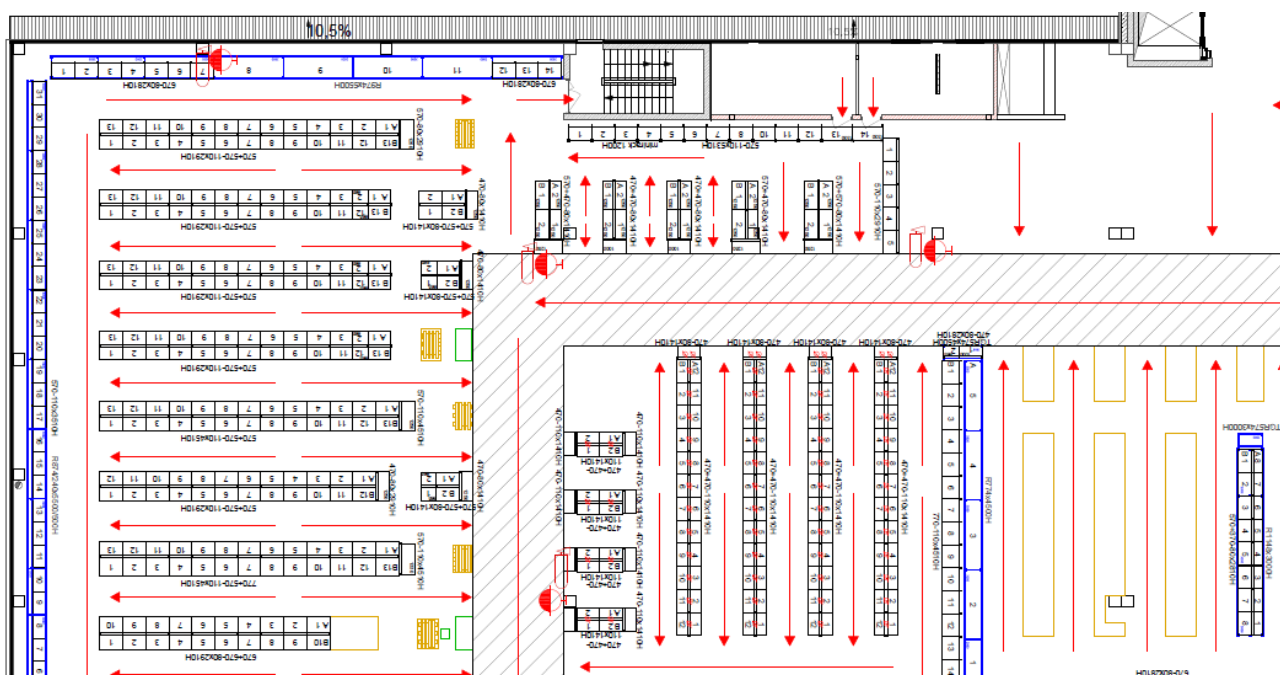


Рисунок – 1. Фрагмент плану евакуації супермаркету (10 % площі)

Ще питання по цій процедурі. За період з 2002 року менеджери небезпечних підприємств добре засвоїли значення порогових мас за ПКМ №956, тому у практичній діяльності оперують такими значеннями небезпечних речовин на підприємстві, які на малу величину $\zeta \rightarrow 0$ відрізняють їх об'єкт від норм II категорії ОПН, або навіть ПНО. Але при цьому ризик, звісно, практично не змінюється – він відповідає тим же високим значенням – тобто, виникає можливість «обходити» законодавство.

Якісна оцінка ризиків – це процедура якісного аналізу результатів ідентифікації, а також визначення подій, що вносять найбільший внесок у загальний ризик, і, які потребують вживання заходів щодо їх зниження. Ця процедура слабо формалізована у ПКМ №956. Крім того, оскільки за ПКМ №360 і ОПН, і ПНО віднесені до однієї категорії «високого» ризику, ця процедура не має практичного значення і тому виконується формально. Але вона має принципове значення і повинна виконуватися за міжнародними стандартами (процедура FMEA) – ГОСТ 27.310-95 [9]. Якісна оцінка визначає рівень ризику. На цьому етапі можливе визначення чинників найбільшого впливу, що створює передумови управління. Якщо за результатом процедури ризик відноситься до категорії «високого» – має бути законодавча норма обов'язкового числового розрахунку.

І ще дуже важливо – тільки за результатами якісних оцінок ризику, а не за категорією об'єкта (вимога ПКМ №956) має виконуватися наступна процедура кількісної оцінки ризиків.



Рисунок – 2. Дахові кондиціонери – руфтопи

За процедурою *кількісної оцінки ризиків* [10] визначається ймовірність виникнення небажаних подій і вплив їх наслідків на людину, об'єкт та довкілля. Наявність такої інформації допомагає приймати оптимальні рішення й уникати невизначеності в управлінні. Кількісна оцінка ризиків передбачає виконання попередніх процедур і є завершальним етапом задачі визначення ризиків. Важлива складова цього етапу за методикою [10] – оцінка надійності систем безпеки об'єкта. Така процедура передбачає визначення умов невиконання функцій систем у вигляді так званої множини мінімальних перерізів [11] – сполучення подій що призводять до НС. Проте, на жаль, вона не визначена вказаною методикою. Це великий недолік методики [10], що призводить до втрати важливої для управління безпекою інформації з розрахунку. Справді, якщо відомо, які події найбільше впливають на ризик, то задача управління зводиться до того, щоб зменшити негативний вплив цих подій у найбільш оптимальний спосіб. Якщо це неможливо з існуючими на об'єкті СБ, тоді необхідно створювати спеціальні системи безпеки, призначенням яких є обмеження негативної дії небажаної події або припинення небезпечного процесу на певному проміжному етапі. І головне – кількісні оцінки за українськими нормами виконуються за методикою [10]. Але, як вже неодноразово зазначали автори, здійснити практичні розрахунки за цією методикою неможливо. Додатково мають бути принаймні ПЗ та відповідні методики. Але, на сьогодні, практично тільки 2-3 підприємства (наукові установи) можуть виконати цю процедуру за власним ПЗ. Це призводить до того, що власник або менеджер змушений фактично сплачувати інспектору за неотримання штрафу, а не за потрібну для управління безпекою його об'єкту інформацію (рекомендації щодо управління ризиками). Вирішення цієї проблеми може бути тільки комплексне, на основі сучасних інформаційних технологій та відповідного методичного і програмного забезпечення [12].

Наступні процедури управління ризиком, а саме: *«Планування реагування на ризики»* та *«Реалізація прийнятого рішення»* – це розробка методів і технологій зниження рівнів ризиків у разі необхідності. Саме вони і є науковою основою управління ризиком, але методичне забезпечення цих процедур також відсутнє. Як найбільш ефективно використати отримані результати розрахунку для зниження ризиків до прийнятного рівня – це і є головною задачею управління ризиком. Якісне науково обґрунтоване планування можливе лише за умови виконання всіх попередніх етапів процесу відповідно до наведеного алгоритму. Стратегія планування має відповідати типам ризиків, їх величині і значимості (пріоритетності), наявності ресурсів і тимчасових параметрів. У найбільш небезпечних випадках можна передбачати кілька варіантів реагування на ризики. Планування має здійснюватися у відповідності із спеціальною методикою, що враховує специфіку об'єкта, чинні правила й інструкції. *Реалізація прийнятого рішення* здійснюється як заключний етап усієї роботи з управління ризиками на основі попереднього планування. Це можуть бути дії, які необхідно виконати негайно або впродовж певного нетривалого терміну, чи довгострокові заходи, що потребують значних ресурсів. У деяких випадках імовірних загроз для населення реалізація прийнятого рішення контролюється державними наглядовими органами. У випадку, коли об'єкт створює загрозу, що перевищує прийнятні рівні ризику та їх неможливо

зменшити організаційними заходами, потрібно здійснювати заходи модернізації технологій або устаткування чи зовсім припиняти діяльність цього об'єкта. Ці вимоги не конкретно викладені у чинному законодавстві, що також створює підґрунтя для корупції. Оскільки жодна з цих процедур не описана в нормативних документах, рішення приймається на власний розсуд менеджера об'єкту навіть при наявності проведених розрахунків.

Внутрішній моніторинг і контроль важливих для безпеки параметрів проводяться з метою перевірки дотримання вимог встановлених норм. Моніторинг і контроль мають здійснюватися спеціалізованим підрозділом (фахівцем) об'єкта. При цьому постійно контролюється процес ідентифікації ризиків, їх оцінка, виконання плану реагування на ризики, оцінка ефективності заходів для зниження рівнів ризиків, величина залишкового ризику і його прийнятність. Якісний контроль виконання діяльності надає інформацію, що сприяє прийняттю ефективних рішень із запобігання новим ризикам чи пом'якшення наслідків. Контроль може ініціювати вибір альтернативних стратегій, прийняття корегувань, перепланування проекту для досягнення базового плану. Практично дії цієї процедури прописані в посадових інструкціях, та інструкціях з безпеки (охорони праці). Але, вони прописані (у більшості) у загальному виді, виходячи з багаторічної практики роботи підприємств одного (даного) типу. Нові можливості контролю, що надають числові оцінки та сучасне ПЗ, не прописані як процедури, що також є недоліком нашої нормативно-законодавчої документації з безпеки.

Стосовно *зовнішнього (державного) контролю та страхування суб'єктів (об'єктів)*, питань ще більше. Почнемо з того, що введення мораторіїв на його проведення, це недолік сфери контролю, який призвів до росту небезпечних подій та пожеж. Парадигма РОП вимагає контролю за виконанням функції запобігання (попередження) аварій, пожеж та НС. Але не всі дотримуються цього підходу. Наприклад, кілька років тому були введені вимоги обов'язкового оснащення ОПН так-званими автоматизованими системами раннього виявлення (АСРВ) [13]. АСРВ, на АЗС реагують на дим і вогонь та передають сигнал на підприємство розробника АСРВ, звідки, в свою чергу, він передається в пожежну частину. Проте, для АЗС з десятками тон бензину це вже не можна назвати запобіганням пожежі. Тобто, фактично, функція запобігання НС не виконується. З метою попередження потрібно контролювати можливість настання подій, що можуть вплинути на появу загорання відповідно до їх важливості за результатами кількісних оцінок ризику. Але, як це зробити – теж не визначено у чинних нормативних документах. Знову ж, за парадигмою РОП державний моніторинг та страхування суб'єкту (об'єкту) має бути за параметрами, важливими для безпеки регіону розташування ОПН, безпеки персоналу, населення та довкілля, а саме: чи планується управління ризиками на підприємстві, чи є кількісна оцінка ризиків та чи задовольняються при цьому умови прийняттого ризику, чи реалізуються сплановані заходи зменшення ризику тощо.

Як бачимо, питань реалізації процедур оцінки і управління ризиками дуже багато, чим пояснюються наші дуже низькі показники безпеки.

Висновки. Потрібний перегляд нормативних документів з усіх згаданих питань. Потрібна розробка програмного забезпечення, методичного забезпечення, яке відповідає сучасним міжнародним стандартам.

Рішення задач можливе на основі розробки та впровадження стандартів та програм управління ризиком за галузями виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Офіційний сайт ДСНС. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/news/46251.html>
2. Гречанінов В.Ф. Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз критичних інфраструктур. / Гречанінов В.Ф., Бегун В.В., Клименко В.П., Яцюк О.П. // Науковий вісник УкрНДПБ. - 2015. - № 1. - С. 125–134.

3. Белов П.Г. Теоретические основы менеджмента техногенного риска: дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2007.
4. Кодекс цивільного захисту. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, №34-35, ст.458
5. Постанова Кабінету Міністрів України «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» від 11 липня 2002 р. № 956. [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/956-2002-%D0%BF/conv>
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки» № 306 від 29 лютого 2012 р.. [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. Станом на 27.02.2016. - Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/306-2012-%D0%BF>
7. Методика визначення розрахункових значень пожежних ризиків для об'єктів громадського призначення. (звіт з НДР УкрНДІЦЗ 2014 р.)
8. Методика прогнозування наслідків вилиття (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті. (звіт з НДР УкрНДІЦЗ 2015 р.)
9. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. Межгосударственный стандарт. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 12 с.
10. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки. Нормативне виробничо–практичне видання. Держнаглядохоронпраці. - К.: Основа, 2003. - 191 с.
11. Бегун В.В. Вероятностный анализ безопасности атомных станций: Учебное пособие. / Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко И.Н., Письменный Е.Н., Зенюк А.Ю., Литвинский Л.Л. – Киев: НТТУ КПИ, 2000. - 568 с.
12. Бегун В.В., Вахнин С.А. Метод решения проблемы расчета техногенных рисков. *Управляющие системы и машины*. 2014. № 3. С. 3–9.
13. ДБН В.2.5-76:2014. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення. Київ. Мінрегіон України. 2014. – с. 46.

Технологический комплекс по управлению защитными

свойствами озонового слоя планеты Земля

(концептуальная модель)

к.г.н. А.А. Бардин

Государственный научно-испытательный центр

ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов

Annotation

Technological complex for managing protective properties of the ozone layer of the planet Earth is designed to improve the composition of the whole atmosphere. However, his main task is to repair the ozone layer of the stratosphere. The ozone layer has been damaged as a result of the use of Freon and methane, which is manufactured industry. Volcano eruption, nuclear war, global warming, the disappearance of the ozone layer - each factor can make uninhabitable Earth's atmosphere. It is proposed to construct an artificial mountain in Antarctica, a height of 15 - 20 kilometers. To reduce the weight of the mountain it should consist of a variety of caves. In the middle of the mountains is offered to place equipment generates oxygen from ice. Oxygen may be directed to the production of ozone. Hydrogen can be used as a motor fuel. On top of the mountain it is proposed to put the equipment to control the chemical composition of the atmosphere, including ozone layer thickness. On the mountain axis it is proposed to put the electromagnetic catapult to disperse the missiles are designed to deliver cargo into orbit. The source of energy for the technological complex is supposed to geothermal heat. This is a project for the collective efforts of all mankind.

Вводная часть

В ходе многолетних геологических исследований убедительно доказано, что биосфера, атмосфера, литосфера и гидросфера Земли, это взаимосвязанная, взаимовлияющая, сверхсложная, высокоинерционная, самоорганизующаяся система, энергетика которой, в совокупности своей, на несколько порядков превосходит энергетические возможности человечества. Несмотря на гигантские масштабы, глобальная планетарная экосистема является весьма уязвимой. Любое непродуманное, недальновидное антропогенное воздействие на какой-либо термодинамический процесс может вывести её из равновесия с катастрофическими последствиями. Впоследствии она, конечно же, восстановится, но уже без нас.

Например, после аварии на нефтяной платформе в Мексиканском заливе 22 апреля 2010 года и применения США диспергентов типа Corexit 9500, произошло опускание окисленных нефтяных плёнок на термобарьер, а также последующее рассеяние взвеси из токсичных микрокапель на огромный объем. Как всё это повлияло на гидродинамику и температурный режим перехода вод тёплого Гольфстрима в холодное Лабрадорское течение пока неизвестно. Однако наблюдаемые погодные аномалии свидетельствуют о том, что из-за раздробления Гольфстрима в ближайшие десятилетия в Европе может установиться такая же погода, как и на побережье Баренцевого моря.

Несмотря на предупреждения учёных, подтвержденные положениями Киотского протокола, выбросы углекислого газа, осуществляемые автотранспортом и промышленностью, неперестанно возрастают. Поэтому инициируемое ими глобальное потепление и последующее затопление прибрежных городов – объективная реальность. В климатологии мы имеем дело с высоко инерционными, трудно прогнозируемыми процессами, осложняемыми как внутренними, вековыми циклами планетарного тела Земли, так и циклами Солнечной активности. Подобные проблемы необходимо изучать открыто и детально, с привлечением самой широкой научной общественности, и принимать своевременные меры в виде техногенного воздействия, или же заблаговременного переселения стран и народов.

Предлагаемая к рассмотрению концепция технологического комплекса по управлению защитными свойствами озонового слоя планеты Земля, имеет своей целью создание оборудования и оснастки способного восстановить и поддерживать оптимальные параметры озонового слоя, который, предположительно, был частично разрушен такими антропогенными факторами как применение фреона. Предполагается, что масштабная подача (вдувание) молекулярного кислорода в верхние слои стратосферы, и его последующая диссоциация солнечным светом, будет способствовать уменьшению интенсивности ультрафиолетового излучения над Австралией, Новой Зеландией, Южной Америкой и др.

Однако основная задача технологического комплекса это “ремонт” всей атмосферы Земли после событий катастрофического масштаба. К ним можно отнести извержение вулкана Йеллоустоун, падение астероида, глобальное потепление от метана криолитозон, “сдувание” озонового слоя аномальным всплеском “солнечного ветра” и т.п. Каждый подобный фактор может сделать непригодной для жизни атмосферу Земли. Если возникнет необходимость очистить и восстановить атмосферу Земли за счёт распыления в верхних слоях стратосферы соответствующих коагулянтов или катализаторов, то технологический комплекс поможет человечеству выстоять в борьбе с силами природы.

Технологический комплекс это проект для консолидированных усилий всего человечества. Если человечество не может отказаться от технологий разрушающих биосферу, если масса добываемой ежегодно руды в 3-4 раза превосходит массу извергаемой вулканами Земли лавы, то чтобы выжить человечество обязано восполнять ущерб нанесенный природе. Чтобы жить, за всё необходимо платить.

1. Роль атмосферного озона в защите биосферы

Выживание человечества и биосферы Земли, в значительной степени, зависит от состояния нижних слоёв атмосферы, верхних слоёв гидросферы, интенсивности и спектрального состава Солнечного излучения, определяемого поглощающими свойствами атмосферы и экзосферы. Атмосферой принято считать ту часть газовой оболочки Земли, которая вращается вместе с ней, как единое целое. Масса атмосферы оценивается в $5,15 \cdot 10^{15}$ т. Наиболее важной составляющей атмосферы для жизни на Земле, является тропосфера, толщина которой составляет приблизительно 0,15% от радиуса Земли, а масса около 80% от всей массы атмосферы. Особую роль в защите биосферы Земли от Солнечной радиации, играет входящая в состав стратосферы – озоносфера. Находящаяся в стратосфере масса озона оценивается на уровне $20,0 \cdot 10^8$ т, или же 0,00004% от массы всей атмосферы.

Озон – аллотропная форма кислорода. Считается, что при концентрации около 8 мл/м^3 озон поглощает опасные ультрафиолетовые лучи, и если бы не озоновый слой, жизнь вообще не смогла бы выбраться из океанов. Чем больше УФ-излучения достигает поверхности Земли – тем интенсивней кислород превращается в озон, т.е. это саморегулирующаяся система. В тропических широтах озоновый слой приурочен к высотам $20 \div 25$ км, в полярных к высотам $15 \div 20$ км. Будучи слабым парамагнетиком, являющийся источником озона кислород, как бы “втягивается” в воронку магнитных полюсов Земли. Поэтому сооружение технологических комплексов в приполярных районах позволяет выиграть примерно 5 км высоты.

Механизм образования и расходования озона был предложен Сидни Чепменом в 1930 году. Образование озона (O_3) из молекулярного кислорода (O_2), сопровождается потерей энергии ультрафиолетового излучения $h\nu = 24$ ккал/моль. Спектр поглощения солнечного излучения непосредственно озоном попадает в инфракрасную область. Поэтому точка зрения о том, что опасное УФ-излучение поглощает весь слой молекулярного и атомарного кислорода также имеет место, выходя из материально-теплого баланса атмосферы, включая термосферу.

2. Факторы, способствующие уничтожению озонового слоя

Сейчас основной угрозой озоновому слою являются выхлопы самолетных и ракетных двигателей, дихлорэтан, метан, высвобождаемый от таяния вечной мерзлоты и т.п. В недалёком прошлом, основную угрозу для разрушения озонового слоя представляли

поступающие в атмосферу хлорсодержащие соединения фреона, объем которых был на уровне $7,0 \cdot 10^5$ т/год. Дело в том, что самым опасным из каталитических циклов уничтожения озона является галогеновый, поскольку в данных реакциях хлор не расходуется, а выступает как катализатор. После ряда исследований был сделан вывод, что разрушению озона способствуют именно фреоны - фторхлорпроизводные предельных углеводородов (C_nH_{2n+2}), имеющие химические формулы типа $CFCl_3$, $CHFCl_2$, $C_3H_2F_4Cl_2$. Фреоны имели широкое применение в холодильниках, в качестве пропеллента аэрозольных смесей, в обработке фотоматериалов. В 1985 году была принята Венская конвенция по защите озонового слоя, а 1 января 1989 года составлен Международный (Монреальский) протокол о запрещении производства фреонов.

Тем не менее, споры о действительной "вине" фреонов в разрушении озонового слоя и о роли кислорода в поглощении УФ-излучения продолжают и поныне. Рассмотрим данную точку зрения. В процессе ионизации кислород требует наименьшей энергии среди всех составляющих атмосферу газов – всего 12,5 эВ. У водяного пара – энергия ионизации 13,2 эВ.; углекислого газа - 14,5 эВ.; водорода - 15,4 эВ.; азота - 15,8 эВ. Таким образом, при поглощении ультрафиолета в атмосфере образуется своего рода смесь, в которой преобладают свободные электроны, нейтральные атомы кислорода и положительные ионы молекул кислорода, при взаимодействии которых и образуется озон.

Естественно, что взаимодействие ультрафиолетового излучения с кислородом происходит по всей высоте атмосферы. Есть сведения, что в мезосфере, на высоте от 50 до 80 километров, уже наблюдается процесс образования озона, который продолжается в стратосфере (от 15 до 50 км) и в тропосфере (от 0 до 15 км). Мезосфера подвержена такому сильному воздействию коротковолнового ультрафиолета, что в ней ионизируются и распадаются молекулы всех составляющих атмосферу газов. Не может не разлагаться и образовавшийся там озон. Однако, поскольку озон в 1,62 раза тяжелее воздуха, он частично опускается в нижние слои атмосферы до высоты 20-25 километров, где плотность атмосферы примерно 100 г/м^3 , где он и концентрируется. Будучи сгущенным до плотности атмосферного воздуха ($\rho = 1,225 \text{ кгс/м}^3$) весь озон составит плёнку $3 \div 4$ мм на поверхности Земли. Сложно представить до каких сверхвысоких температур должен разогреться столь маломощный слой, чтобы поглотить и отразить в космос всю энергию ультрафиолетового излучения.

Не исключено, что все живое на Земле от жёсткого ультрафиолетового излучения защищает не только озоновый слой, а весь находящийся в атмосфере кислород. Озон же лишь побочный продукт этого процесса. Но если озона нет, значит, ультрафиолет беспрепятственно проходит сквозь атмосферу, значит на нужном уровне атмосферы кислорода недостаточно. Значит, технологический комплекс должен эту недостачу восполнить и защитить человечество.

Не нужно также забывать об озоне как мощном окислителе, растворимость которого в воде выше, чем кислорода, более чем в 15 раз. Мы научились управлять дождём с помощью азотнокислого серебра. Необходимо научиться влиять на глобальные окислительно-восстановительные процессы с помощью озона.

3. Технологический комплекс “Технозон-21” для генерации озона

Человечество стремительно преобразует (зачастую ухудшая) среду своего обитания. Мощные газопроводы, линии электропередач, магистрали опутали все континенты. Из окна самолёта ночная Европа это сплошное море огней. Однако качество воды и воздуха быстро падает. В Земной коре кислорода 50%, а в промышленных зонах чувствуется недостаток кислорода для дыхания. Также как теплицы решили проблемы овощей, предлагается производить кислород искусственно, из чистой воды, получаемой при расплавлении льда.

Предлагается к середине 21 века построить в Антарктиде искусственную гору высотой $18 \div 20$ километров (условное название “Технозон-21”), используя в качестве фундамента гору, находящуюся в зоне оси вращения Земли. Внутри “Технозон-21”, по её оси, предлагается соорудить башенную металлоконструкцию “Бозон-21”, выступающую из горы на $2 \div 3$ км. Внутри “Бозон-21” будут размещены электромагнитная катапульта, трубопроводы, а на

вершине газодинамические сопла и плазменные разрядники для диссоциации потоков молекулярного кислорода.

Катапульта необходима для того чтобы разгонять без первоначальной затраты топлива ракеты, которые предназначены для доставки на космическую орбиту грузов не боящихся перегрузки. Для того чтобы избежать короткого электрического замыкания между ионосферой и планетарным телом Земли, все элементы металлоконструкций должны быть покрыты стеклоподобной эмалью, и иметь диэлектрические разрывы. Наружные поверхности выше облачного слоя можно покрыть стойкими к коррозии солнечными батареями. Нижнюю часть оснастить стационарными ветряками.

Как известно, Эверест (Джомолунгма) имеет высоту 8848 метров при плотности горной породы $2,6 \div 3,2 \text{ г/см}^3$. Если примерно 50÷60% объёма искусственной горы, сооружённой из гранитных глыб, блоков и расплавленного базальта, займут соты технологических пещер и жилых модулей, то достижение высоты в двадцать километров является возможным, без нарушения изостатического равновесия в подкоровом субстрате. Оптимальный угол при вершине горы $90 \div 95^\circ$

Температура плавления базальта $1100\text{--}1250^\circ\text{C}$, иногда $1450\text{--}1600^\circ\text{C}$. Расплавление базальта для наращивания лавоподобных слоёв предполагается осуществлять из базальтового щебня, методом трёхэлектродной дуговой электроплавки, на подложке из ранее расплавленных пород, или в опалубке из гранитных плит. При наличии в смеси кварцевой и гранитной крошки, температура плавления которых $1713\text{--}1728^\circ\text{C}$ полного их расплавления можно не добиваться, поскольку данный наполнитель зафиксирован расплавленным базальтом. Использование базальтобетона с гранитным щебнем приблизит временную устойчивость искусственной горы к естественным горам, т.е. много тысяч лет.

В середине горы предлагается поместить оборудование, которое будет вырабатывать из льда кислород и водород, а также резервуарный парк для сжиженных газов. Кислород будет направляться на изготовление озона, и на нужды промышленности. Водород можно использовать как автомобильное топливо, используя для перевозки ледокольные танкеры-сосуды Дюара.

Источником энергии для буровых и строительно-монтажных работ предполагается две атомных электростанции (плавающая и наземная). Источником энергии для эксплуатации технологического комплекса, для разложения получаемой из льда пресной воды на водород и кислород предполагается глубинное тепло Земли, извлекаемое солевыми рассолами из скважин глубиной 9-11 км.

4. Анализ строительной площадки

Освоение Антарктического континента требует знания особенностей рельефа двух поверхностей: ледяной шапки континента и его каменного ложа. На сегодня знания о подледном рельефе являются косвенными. На рис.1. показан Островной континент Антарктида без ледового покрова. На рис.2. показано расположение Трансантарктического хребта и горных массивов. В значительной своей части Трансантарктический хребет это надледный хребет. Разница в строении Западной и Восточной Антарктиды наиболее четко проявляется по отметке высот.

Если снять ледяной щит, Западная Антарктида (Равнина Берда и др.) предстанет океаном с архипелагами островов. Подледный, депрессионный рельеф Западной Антарктиды резко контрастирует с поднятым рельефом Восточной Антарктиды. В центральном районе вершины хребта Сентинел (5140 м абс. выс) возвышаются над поверхностью льда. Этот хребет образует высшие точки всей Антарктиды. Большая депрессия начинается от моря Росса, протягивается через шельфовый ледник Росса и весь подледный бассейн Бэрд. Погружённые области этой депрессии лежат глубже 1000 м под уровнем моря.

Подледный уровень Восточной Антарктиды лежит в основном выше уровня моря. Трансантарктический хребет тянется поперек всего материка от моря Росса до моря Уэдделла, имеет протяжённость 3200 км и абсолютную высоту порядка 4000 м. Однако крупнейший горный массив Восточной Антарктиды - подледный. Это, прежде всего горы Гамбургцева и

Вернадского. Высоты этих гор достигают 3390 м, а толщина льда над ними 800 м. В Восточной Антарктиде выделяется также горный массив Земли Королевы Мод, гора Кропоткина, гора Принса-Чарльза и гора Голицына. Между горами расположены равнины: Восточная, Западная, Шмидта, которые занимают около половины площади Антарктиды.

По результатам анализа можно сделать вывод, что практически в зоне Южного полюса мы имеем приемлемую площадку для строительства. Находится она в зоне середины Трансантарктического хребта. Каменного материала в избытке. Кроме того подледные горы Гамбурцева и Вернадского практически неисчерпаемый источник каменного материала. Впадины равнины Берда пригодны для размещения буровых скважин для извлечения тепла недр Земли. Технологии строительства как подледных, так и подземных туннелей человечество давно освоило. Что касается месторождений урана, никеля, молибдена, титана, золота, и т.д., богатства недр Южной Африки позволяют строить самые смелые предположения в отношении минеральных богатств Антарктиды.

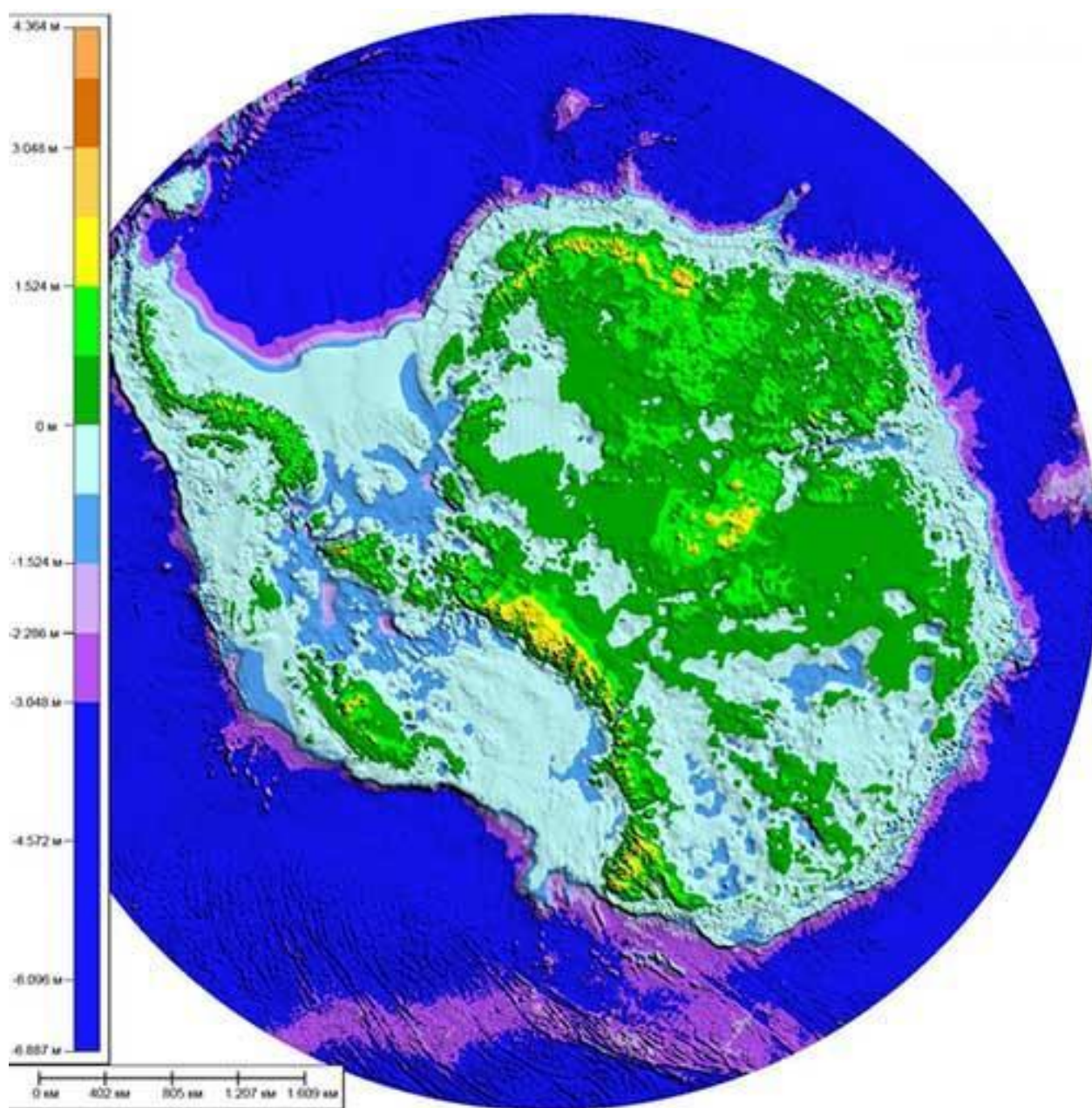


Рис.1. Островной континент Антарктида без ледового покрова.

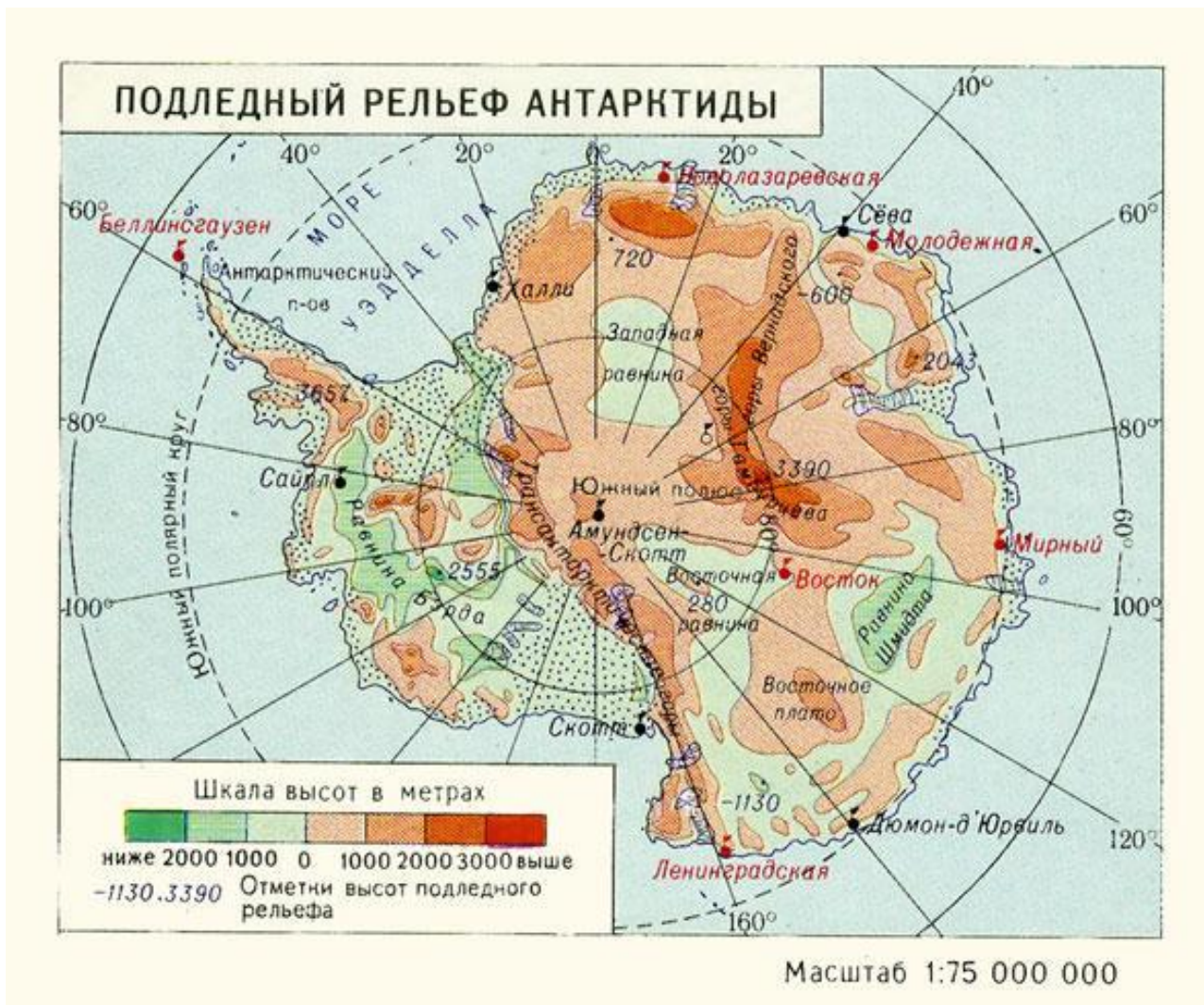


Рис.2. Расположение Трансантарктического хребта и горных массивов.

5. Рассмотрение особенностей и оценка реализуемости проекта.

К сожалению, несмотря на угрозу самоуничтожения, человечество не планирует отказаться от технологий разрушающих озоновый слой. Кроме того, неизбежное истощение запасов нефти, газа, опасности сопутствующие атомной энергетике и разочарования в перспективах осуществления управляемого термоядерного синтеза ставят на повестку дня вопрос альтернативного энергоносителя, хотя бы для транспортных систем. Таким топливом для двигателей внутреннего сгорания и для топливных элементов может быть получаемый в результате электролиза воды водород, для получения которого также необходим источник чистой энергии.

Создание технологического комплекса по управлению конфигурацией озонового слоя, прежде всего, потребует консолидированных усилий всего человечества, и может быть реализовано только на площадке являющейся неразделённой, общечеловеческой собственностью. Такой территорией является континент Антарктиде, представляющий из себя совокупность весьма крупных и относительно небольших островов, перекрытых многокилометровой толщей льда.

Возникает вопрос – сможет ли человечество создать технологический комплекс “Технозон-21” по поддержанию и восстанавливать защитных свойств озонового слоя, свойств атмосферы, чтобы восполнить вред наносимый природе. Рассмотрим особенности конструкции и параметры “Технозон-21”.

Наибольшая концентрация O_3 в стратосфере приурочена к интервалу высот 22÷25 км, где его плотность составляет примерно $1,3 \cdot 10^{-3}$ г/см³. Для восполнения слоя озона можно или обеспечить более интенсивное (по сравнению с конвекционным) вертикальное, струйное поступление кислорода на высоту порядка 25 км, где O_2 под воздействием ультрафиолетового

излучения солнца будет трансформироваться в озон, или же генерацию и высокоскоростной радиальный выброс O_3 на высоте порядка 22,5 км, в объеме более $15,0 \cdot 10^5$ т/год.

В числе прочих, в качестве экологически чистых источников энергии можно рассматривать энергию солнечного излучения, энергию ветра и тепло земных недр. Ветровые и солнечные электростанции получили повсеместное распространение. Тепло земных недр используется в Исландии, и других местах там, где глубинные интрузии магмы класса батолитов и лакколлитов находятся на небольшой глубине. Вполне возможно, что следующим вариантом получения доступа к глубинному теплу Земли является бурение скважин со дна глубинных впадин.

Как уже сказано ранее, проблема управления конфигурацией озонового слоя в области “озоновых дыр” может быть решена путём создания в Антарктиде, на оси вращения Земли, башенного технологического комплекса высотой порядка 20 км, предназначенного для генерации стратосферного озона, товарного кислорода и водородного топлива из химически чистого природного льда. Энергетической основой технологического комплекса предполагается тепло глубинных недр, которое не должно быть исчерпано в ближайшие 5-10 тысяч лет, в том числе за счёт внутрипланетарной тепловой конвекции.

Лёд Антарктиды подвижная субстанция и искусственный горный пик “Технозон-21” должен выступать сквозь его толщу, или базироваться на свободной от снега горной вершине. Чтобы в силу процессов изостазии не произошло погружение башенного комплекса в Земную кору, искусственный горный пик предполагается пустотелым не менее чем на 50%. Таким образом, концептуальная модель предполагает:

1. В качестве источника сырья для производства озона и водородного топлива принят ледовый покров Антарктиды, восполнение которого предполагается естественным путём за счёт атмосферных осадков.

2. В качестве источника энергии Антарктической тепловой электростанции для процессов гидролиза принята тепловая энергия Земли, извлекаемая из замкнутых контурных потоков тяжелых соляных рассолов, циркуляция которых происходит по стволам буровых скважин глубиной порядка 9÷11 км, забои которых объединены парами в общие камеры с помощью ядерных зарядов.

3. Станция по производству электролизного водорода и кислорода, а также службы по подготовке к запуску ракет-носителей космических грузов размещаются в основании башенного комплекса, которое представляет собою выполненное из монолитных и литых каменных блоков пирамидальное, конусообразное сооружение диаметром порядка 30÷40 км и высотой 18÷20 км и шпилем порядка 3,0 км.

4. Предполагается расплавление горной породы и управляемая заливка лавовым расплавом примерно так, как приращивают свою высоту вулканы типа Фудзияма, за тем исключением, что технологические пещерные пустоты предварительно выкладываются из монолитных блоков, используемых как теплостойкая опалубка, вплавляемая впоследствии в искусственный горный массив. Источником горной породы для расплавления являются подлёдные горные массивы.

5. Все подсобные комплексы: электростанции, мастерские, цеха, система вентиляции, гидролизное производство, участок подготовки хлорсвязывающих аэрозолей, резервуары для хранения сжиженных газов, системы жизнеобеспечения, всё это размещается в середине искусственной горы, за каменной облицовкой и от капризов погоды не зависят. На поверхности находятся реакриационные сооружения, ветряки, солнечные батареи, высотные парники и огороды, посадочные площадки вертолётов и самолётот.

6. Центральным стержнем металлической части башенного комплекса является пневмоцилиндр разгонного комплекса для ракет-носителей, который затем переходит в электромагнитную катапульту. Общая жесткость всей конструкции обеспечивается “сотовым исполнением” пространственного каркаса искусственной горы, включающей выполненную как серпантин внутреннюю железную дорогу, систему грузовых и пассажирских лифтов.

7. Магистральные трубопроводы, подающие на высоту 22,5 км кислород к расположенным в зонах выхлопа генераторам озона, являются элементами башенной конструкции, облицованы изнутри и снаружи стеклоподобными материалами и, как и

разгонная труба, имеют выполненные с определенным интервалом диэлектрические разрывы, предотвращающие электрическое замыкание тропосферы на землю. Дожимные компрессоры размещены на технологических этажах металлической части башни.

8. Комплексное решение проблем: получения водородного топлива; тяжелой воды; промышленного кислорода; экологически безопасного запуска космических аппаратов, с одновременным решением глобальной проблемы биологической безопасности человечества делает проект по производству стратосферного озона экономически привлекательным.

9. Необходимо понимать и тот факт, что данный комплекс является самым большим, самым комфортным, энергетически независимым бомбоубежищем, со своей собственной пищевой базой, возможностью рыбной ловли подводными лодками, что позволяет выжить нескольким сотням человек несколько столетий, даже в условиях полностью отравленной атмосферы.

Выводы и предложения

Автор прекрасно понимает все имеющиеся научно-технические, политические, организационные, юридические, инженерные, геологические, геофизические, экологические и финансовые ограничения. Однако, автор считает, что если проблема озонового слоя и атмосферы в целом станет ключевой для выживания человечества, она будет в том или ином виде решена. Собственно говоря, цель публикации не столько предложить конкретные технические решения, сколь заострить внимание геологической общественности на самой проблеме.

Со времён К.Э.Циолковского не предложено ничего экологически целесообразного, кроме разгонных систем для забрасывания грузов в космос. Данную проблему технологический комплекс решает. Для своего строительства он потребует переработки 5-8 тыс. км.куб. горной породы, из которых порядка 2 тыс.км.куб это переплавленный базальт. Строительства сопоставимого масштаба человечество ещё не вело.

Ну и самое главное. Взрослый человек за сутки потребляет 420 литров кислорода и выделяет 420 литров углекислого газа. Реактивный самолет за 8 ч полета расходует на сжигание топлива 70–75 т O₂. Промышленно развитые страны уже сейчас потребляют больше кислорода, чем получают в результате фотосинтеза. И при этом леса вырубаются, водоросли в океанах уничтожаются.

Киотский протокол устанавливал лимиты на выброс углекислого газа. Необходим Киевский протокол продажи и покупки лимитов произведенного и потребленного атмосферного кислорода (который надо экономить). Необходимо чтобы кто-то выступил с подобной инициативой. Мы должны осознать, в каком уязвимом мире мы живем, и принять меры для его защиты.

М.В. Возник
к.ю.н.,
Київський національний торговельно-економічний університет,
м.Київ, Україна

ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЛЕГАЛІЗАЦІЇ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ В УКРАЇНІ

Після подій на сході України нагальним постає питання: чи потрібна Україні легалізація вогнепальної зброї? Відповідь на це питання можна отримати, проаналізувавши всі сторони «за» і «проти». Важливе значення має правове обґрунтування легалізації зброї. Стаття 3 Конституції України встановлює, що «людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю». Частина 5 ст. 55 Основного закону вказує, що «кожен має право будь-якими не забороненими законом засобами захищати свої права і свободи від порушень і протиправних посягань» [1]. Тобто, якщо дії не прописані як заборонені, - їх можна використовувати задля необхідної оборони. Відповідно до ст. 36 Кримінального кодексу України, «необхідною обороною визнаються дії, вчинені з метою захисту охоронюваних законом прав та інтересів особи, яка захищається, або іншої особи, а також суспільних інтересів та інтересів держави від суспільно небезпечного посягання шляхом заподіяння тому, хто посягає, шкоди, необхідної і достатньої в даній обстановці для негайного відвернення чи припинення посягання, якщо при цьому не було допущено перевищення меж необхідної оборони» [2].

Право на застосування насилля вимагає чіткого розуміння адекватності насилля у відповідь (насилля як самооборони) тим загрозам, що постають перед людиною. Для реалізації принципу відповідності вітчизняні норми законодавства мають сформулювати відповідну чітку ієрархію прав людини. Тобто, правове розуміння того, що і за яких обставин стоїть вище – право на здоров'я чи право на гідність, право на власність чи право злочинця на життя. Крім згаданих чинників, в Україні існує низка проблем, пов'язаних із відсутністю культури застосування вогнепальної зброї. Противники легалізації короткоствольної вогнепальної зброї традиційно вказують на неготовність українського громадянина захищати самого себе. Вважають, що такий крок спричинить хаос на вулицях, стрілянину з трагічними наслідками, зросте кількість самогубств через необережне поводження зі зброєю.

Вони заявляють, що сьогодні можна вільно отримати дозвіл на вогнепальну зброю, пройшовши усі необхідні для цього процедури. Так, отримати дозвіл можна без жодних проблем, але лише на довгоствольну вогнепальну зброю. В Україні існує парадоксальне явище, коли держава дає змогу на законодавчих основах громадянину отримати дозвіл на володіння довгоствольною зброєю, а короткоствольною – забороняє. Парадокс у тому, що, наприклад, довгоствольна помпова рушниця має більш летальний характер дії на людину, ніж короткоствольний пістолет.

Прихильники легалізації наводять інші аргументи: по-перше, зловмисники і так можуть мати при собі нелегальну зброю, по-друге, правоохоронці не завжди ефективно та вчасно можуть захистити громадянина від злочинця, по-третє, володіння зброєю – радше профілактичний захід з метою попередження злочинних дій, адже в такому разі зловмисник може остерігатися захисних дій жертви нападу.

Вагомим аргументом за легалізацію короткоствольної зброї є те, що вона сприяє формуванню українського війська. З позиції закордонного досвіду взірцем є швейцарська або ізраїльська військові системи. У цих двох країнах у разі небезпеки на захист своєї Батьківщини може стати більша частина населення держави. У 1994 році Молдова ухвалила закон про зброю, які дозволяє її громадянам володіти пістолетами й револьверами так, як в усьому світі. Статистика свідчить, що за півроку після ведення закону в дію злочинність суттєво

зменшилась. Таку саму тенденцію бачимо і в інших країнах – Литва, Латвія, Естонія: зі збільшенням кількості легальної зброї на руках у населення злочинність зменшується.

Якщо звернутись до закордонного досвіду про ставлення до зброї, то тут не можна щось однозначно стверджувати, адже у різних країнах законодавство по-різному регулює дане питання. За критерієм регулювання права населення на озброєний захист країни можна поділити на три групи:

- держави, які повністю легалізували використання зброї і надали її у вільний доступ (яскравим прикладом є США, адже досі в деяких штатах легше одержати зброю, ніж водійські права);
- держави, які легалізували використання зброї за умов проходження певної процедури по визначенню готовності громадянина отримати до рук зброю, тобто населення озброюється за певною встановленою процедурою (прикладом групи таких країн є Чехія, де, для того, щоб отримати зброю, треба скласти своєрідний тест);
- держави, які ще не легалізували використання зброї або легалізували лише певний вид (короткоствольний або довгоствольний) зброї (прикладом таких країн може бути Україна, в якій легалізована довгоствольна зброя, і також Японія, де немає навіть однієї одиниці зброї на тисячу жителів).

Необхідно сказати, що Асоціацією власників зброї України була подана петиція Президенту про заклик законодавчо дозволити українцям мати право на озброєний самозахист. Петиція набрала більше 36 тисяч підписів, що змусило президента відреагувати. Президент закликав голову Верховної Ради та Конституційної комісії створити робочу групу, яка б розглянула запропоновані зміни.

Отже, в умовах зростання агресії та насильства в українському суспільстві набула поширення пропозиція надати громадянам розширені права на зброю заради захисту життя та збереження власності. Існуюча нормативно-правова база вже не відповідає викликам часу, країна потребує ухвалення принципово нового закону про цивільну зброю, метою якого буде гарантування максимальної безпеки громадянам України, та який відповідатиме духу і суті кращих напрацювань розвинених країн, що досягли ефективного рівня контролю за легалізацією та обігом цивільної зброї

ЛІТЕРАТУРА:

1. Конституція України. Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР : у редакції тлумачення Конституційного Суду від 15.05.2014 <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96%D0%B2%D1%80>

2. Кримінальний кодекс України. Закон від 05.04.2001 № 2341-III : в редакції від 12.08.2015 <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2341-14>

РИЗИКИ САМОРЕАЛІЗАЦІЇ ЖІНОЧОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО КОЛЕКТИВУ

В статті представлено трансформації ролі та соціальної позиції жінки в сучасному українському суспільстві. Розкрито взаємозв'язки цієї змінюваності з перетворенням як загальнокультурного, так і індивідуально-особистісного вимірів особистості. Розкрито основні засади трансформації системи цінностей, особистісного досвіду, який відображається в усвідомленні жінками власної статево-рольової та психологічної ідентичності в особливих умовах професійної діяльності.

Ключові слова: професійна діяльність, чинники ризику, статево-рольова ідентичність жінки, військовослужбовці.

Проблема жіночої ідентичності в сучасному суспільстві нерозривно пов'язана з проблемою вибору професії. Для багатьох жінок самовираження через професійні відносини часто стає серйозною психологічною проблемою, яку вони повинні постійно долати. Сучасні дискурси про жіночі професії відкрили простір для вербалізації зазначеної психологічної проблеми як в публічній сфері, так і наукових дослідженнях дослідженнях. Поряд з цим життєва практика формує засоби нових репрезентацій та інтерпретацій жіночого досвіду, що сприяють становленню жіночності в рамках різних видів ризикованих професій.

Проблема жіночої ідентичності достатньо широко представлена в дослідженнях В. Агеєвої, Т. Виноградової, Т. Говорун, І. Головащенко, П. Горностая, Т.Ю. Журженко, О. Забужко, О. Кікінеджи, І. Лебединської, Т. Мельнин та багатьох інших, але незважаючи на великий інтерес до цієї проблематики і наявність багатьох робіт, проблема змін, які відбуваються з жіночою ідентичністю на найвідповідальніших етапах її життєвого становлення, коли відбувається формування образу власного Я та тілесної ідентичності в незвичайних та ризикованих видах обраних професій певною категорією жінок, донині залишається поза увагою дослідників.

Враховуючи це, визначення особливостей перетворення жіночої ідентичності під впливом професійних та гендерних стереотипів також є проблематикою, що безпосередньо пов'язана із науковим розв'язанням питань, якими займаються такі дві нові галузі наукової психології, як андрагогічна та гендерна психологія. Ймовірно, розв'язання цих завдань розкриє можливості, по-перше, усвідомлення необхідних умов для повноцінного життя жінок у період адаптації до надзвичайних умов діяльності, по-друге, сприятиме конструктивному розв'язанню проблеми криз жіночої еґо-ідентичності жінок-військовослужбовців.

Науково-психологічне розв'язання цієї проблеми розширює межі розуміння багатьох складових феномену ідентичності жінки, що виражається в спрямованості особистості, усвідомленні жіночої сексуальності, мотивації до вибору ризиконебезпечної професії, образі власного Я, жіночої ідентичності не тільки в якості об'єкта, але і як суб'єкта власного само-здійснення. Це дає можливість досліджувати особливості функціонування і поведінки жінки, яка вважає і позиціонує себе в суспільстві як суб'єкт свого бажання, тобто жінки активної та пошукової, а саме такої, що обрала шлях військової служби.[7]

Здатність жінки виокремлювати власні гендерні ролі від професійних дає їй можливість успішно здійснювати процес набуття професійної ідентичності. У разі успішного проходження трансформаційних процесів жінка набуває належної професійної ідентичності і в подальшому проявляє високий ступінь задоволеності власною професійною діяльністю. У протилежному випадку жінці не вдається трансформувати власні гендерні характеристики. Можлива причина цього – у нездатності відокремлювати гендерні ролі від професійних. Культивуючи андрогінність із тенденцією до маскулітності, жінка стикається з низкою

труднощів у побудові власної професійної кар'єри. Жінка, як свідчать результати проведеного нами дослідження, здебільшого сподівається, що зможе проявляти власну ініціативу і свободу в професійній діяльності, а натомість не дістає сподіваної підтримки цих устремлінь з боку керівництва. Усе це призводить до наростання невдоволеності професійною діяльністю та прагнення змінити місце роботи, оскільки військова служба в цілому не є стимулом для розвитку маскулінних рис у жінок.

Останнє, можливо, зумовлено більшою мірою саме функціонуванням певних соціальних стереотипів щодо професійної компетентності жінки в галузі військової служби - зіткнення жінки в армії з феноменом "скляної стелі". Частина дослідників виявляють більшу успішність в набутті професійної ідентичності військовослужбовця серед тих жінок, яким притаманні андрогінно-фемінні риси особистості, тоді як деякі їхні колеги – жінки з андрогінно-маскулініми характеристиками – стикаються з певними ускладненнями щодо набуття професійної ідентичності і, як наслідок, прагнуть до зміни сфери професійної діяльності.

Під час навчання у вищих навчальних закладах у жінок формується андрогінно-маскулінна гендерна орієнтація. Це може призводити до розвитку внутрішньоособистісного конфлікту, успішність подолання якого певною мірою залежить від здатності жінки диференціювати власні гендерні ролі та відокремлювати їх від професійних ролей військовослужбовця.[1]

Варто зауважити, що поняття „стать” і „гендер” інколи вживають як синонімічні, хоча більшість дослідників їх розрізняють. Перший означає біологічні, другий – соціальні та культурні особливості диференціації індивідів за ознакою статі. Якщо стать характеризує генетичну належність індивіда до однієї з двох категорій, то гендер – це стать як продукт виховання, впливу культури – тобто „соціальна стать”.[3;17]

Також варто звернути увагу на конфліктність жіночої «фемінінної установки» в умовах сучасних соціальних очікувань суспільства (створення умов для діяльності й росту інших людей) і завданнями власного особистісного розвитку й формування своєї суб'єктності.[7]

Статеворольовий контекст дозволяє перетворити уявлення про тілесну ідентичність із чисто функціонального плану, аналізу її функцій, зв'язку з різними компонентами самосвідомості, у генетичний план, у якому тілесна ідентичність виступає як психологічна структура, що формується в процесі психосексуального розвитку жінки. Звісно, що це допомагає розширити уявлення про жіночу статево-рольову ідентичність і фактори її формування, дозволяє сконцентрувати увагу на ключових моментах формування образу «власного Я» та професійних особливостей, що безпосередньо відображають специфіку розуміння саме его-ідентичності жіночої тілесності тощо[6]

Серед великої кількості ролей, що їх засвоює людина, для нормальної соціалізації особистості велике значення мають статові та гендерні ролі. Ці ролі тісно пов'язані з усвідомленням себе представником певної статі і з нормативами поведінки, характерної для представників цієї статі. Статові та гендерні ролі тісно пов'язані і зі статевою та гендерною ідентичністю особистості, а тому ідентичність виступає однією з найістотніших характеристик людини, без якої вона не може існувати як свідомо автономна особистість. Ідентичність - це збереження і підтримка особистістю власної цілісності, тотожності, нерозривності історії свого життя, а також стійкий образ "Я", усвідомлення у собі певних особистісних якостей, індивідуально-типологічних особливостей, рис характеру, способів поведінки, які визнаються своїми, достовірними. Психосоціальна ідентичність є запорукою психічного здоров'я особистості. Формування ідентичності починається з моменту відділення дитини від матері і продовжується все життя до самої смерті. [3;74]

Становлення жіночої ідентичності в умовах військового колективу не обумовлено прямо й безпосередньо наявністю гендерної ролі та включених до неї соціальних стереотипів, уявлень, очікувань. Вони повинні стати засобами усвідомлення власної статевої приналежності та гендерної ідентичності, тобто із зовнішнього, "заданого" соціумом, і

культурою плану перейти до рівня внутрішнього, індивідуально-осмисленого прийняття гендерної ролі й відповідних їй настановлень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Боровик М. А. Женщины в вооруженных силах стран-членов НАТО [Електронний ресурс] М.А. Боровик, Л. В. Щемберко. – Режим доступу : [www. Inion.ru](http://www.Inion.ru)
2. Дубкач Н. Сильний бік “слабкої статі” / Наталія Дубкач // Військо України. – 2007. – № 8. – С. 12–17.
3. Мниховский А. Женственность. - 3-е изд. - К., 1885. – С.74
4. Павлова В. Г. О роли женщин в армии [Електронний ресурс] / В. Павлова. – Режим доступу : [www/ mil.ru](http://www/mil.ru))
5. Поплавська А.П. Дослідження кар’єрних орієнтацій військовослужбовців // Актуальні проблеми психології. Том I: Соціальна психологія. Психологія управління. Організаційна психологія. – К.: Ін-т психології ім. Г.С. Костюка АПН України, 2001. – Ч. 2. – С. 271-277.
6. Поплавська А.П. Еволюція кар’єрного зростання працівника в організації: огляд матеріалів американських досліджень // Актуальні проблеми психології. Том I: Соціальна психологія. Психологія управління. Організаційна психологія. – К.: Ін-т психології ім. Г.С. Костюка АПН України, 2002. – Ч. 5. – 236с.
7. Хорни К. Женская психология: Пер. с англ. - СПб.: Вост.-Евр. ин-т психоанализа, 1993. - 224 с.
8. Щербатюк Б.А. Самовизначення людини як реалізація її суспільної сутності // Проблема особистості в науці: результати та перспективи досліджень. Тези доповідей П’ятої Міжнародної конференції молодих науковців.- Київ, 2002.- С. 24.
9. Щербатюк Б.А. Психологічні особливості професійної та соціальної активності жінки // Тези доповідей. Випуск 5, частина 1.- Івано-Франківськ, 2000.- С. 194.
10. Щербатюк Б.А. Структурні елементи самовизначення особистості // Вісник Харківського університету. – Харків, 2002.- № 539.- С.158-160.
11. Щербатюк Б.А. Результати дослідження особливостей соціального самовизначення жінок, орієнтованих на управлінську діяльність // Вісник Київського Національного університету ім. Тараса Шевченка.-Київ, 2003.- № 19.- С 45-49.

УДК 614.84

В.М. Баланюк
к.т.н, доц.

Н.М. Козяр
к.т.н.

О.І. Гарасим'юк

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ТЕРНАРНИХ ВОГНЕГАСНИХ СУМІШЕЙ, ДЛЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ З НАЯВНІСТЮ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАПАЛЮВАННЯ

В роботі обґрунтовано вибір компонентів тернарних вогнегасних сумішей, призначених для протипожежного захисту об'єктів з наявністю високотемпературних джерел запалювання завдяки їх взаємному синергізму та взаємній компенсації недоліків в пожежогасінні. Теоретично обґрунтовано, що тернарні вогнегасні суміші для протипожежного захисту об'єктів з наявністю високотемпературних джерел запалювання можуть містити три компоненти – вогнегасний порошок, вогнегасний аерозоль, та газ флегматизатор – N_2 чи CO_2 . В суміші вони будуть компенсувати низьку індивідуальну вогнегасну та флегматизувальну ефективність. Встановлено, що дія тернарної вогнегасної суміші в об'ємі приведе до флегматизування гомогенної горючої системи, запобігти виникненню полум'яного горіння та вибуху, а також може запобігти, або припинити горіння гетерогенної горючої суміші та відповідно знівелює дію високотемпературного джерела запалювання на ці середовища.

Ключові слова: *вогнегасний аерозоль, гази – флегматизатори, тернарна вогнегасна суміш, N_2 , CO_2 .*

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE COMPONENTS OF THE TRIPLE FIRE-EXTINGUISHING MIXTURES FOR FIRE PROTECTION OF FACILITIES WITH THE AVAILABILITY OF HIGH TEMPERATURE SOURCES OF IGNITION

The author explains the choice of the components of the triple fire-extinguishing mixtures, intended for fire protection of facilities with the availability of high temperature sources of ignition due to their mutual synergies and mutual compensation of shortcomings in firefighting. It is theoretically proved that triple fire-extinguishing mixtures fire extinguishing mixture can consist of three components – wagnergasse powder, wagnergasse aerosol, and gas deterrent – N_2 or CO_2 . In the mix they will compensate for the low individual and phlegmatically fire-extinguishing efficiency. Established that the action the triple fire-extinguishing in volume will lead to phlegmatization flammable homogeneous system, notice the appearance of flaming combustion and explosion, as well as can prevent or stop the heterogeneous combustion of the combustible mixture and, accordingly, eliminates the effects of high temperature ignition source in these environments.

Key words: *Wagnergasse aerosol, gases deterrents, triple fire-extinguishing mixtures, N_2 , CO_2 .*

Профілактика виникнення пожеж на об'єктах з наявністю високотемпературних джерел запалювання є одним з напрямків підвищення рівня пожежної безпеки країни. В першу чергу

вона здійснюється шляхом створенням систем автоматичного протипожежного захисту. Збитки від пожеж у виробничих будівлях, обладнаних установками автоматичного протипожежного захисту, у 5 разів менші ніж у незахищених будівлях.

До об'єктів, де можливе виникнення високотемпературних джерел запалювання, відносять в основному об'єкти енергетичної та нафтохімічної промисловості, на яких розташовані трансформаторні підстанції, силові установки, електрощитові, компресорні станції, кабельні тунелі, машинні зали, всередині яких можуть виникати в результаті аварій або порушень в влаштуванні електроустановок, одночасно як високотемпературні джерела запалювання, так і горючі середовища. До високотемпературних джерел запалювання належать короткі замикання, електричні дуги, нагрівання до високої температури провідників, та займання їх в результаті дії горючих середовищ, які з ними контактують, а саме: полімерної ізоляції та матеріалів корпусів щитових, трансформаторної оливи, легкозаймистих та горючих речовин, які транспортуються по трубопроводах. Температура, яка розвивається при коротких замиканнях, електричних дугах, становить більше 5000 °С [1]. В результаті дії такої температури на провідники вони випаровуються миттєво, з точки контакту розбризкується розплавлений метал, краплі якого мають також температуру понад 2000 °С. Таким чином, контакт будь-якої горючої системи з таким джерелом запалювання призведе до миттєвого її займання. Подеколи це відбувається з вибухом, оскільки в процесі теплової дії на горючі рідини (трансформаторна олива) відбувається її випаровування, і, як правило, вибух суміші її парів з повітрям. Гасінню чи охолодженню такі джерела запалювання не піддаються жодним вогнегасним засобом. Існує також інший тип високотемпературних джерел запалювання, які представляють собою суміші горючого та окисника, або горючі речовини з високою температурою горіння. До них належать: легкі метали (Al, Mg, Si, P) та їх суміші з окисниками, які при горінні розвивають температуру 2000 – 3000 °С. Гасіння таких сполук теж є проблемним, оскільки основний вогнегасний засіб – вода, при контакті з ними розкладається на водень і кисень, що може призвести до вибуху. Осередки горіння таких металів та їх сумішей, як правило, засипають піском, або ґрунтом, що ізолює доступ до них окисника та приводить до гасіння. Виходячи з проведеного аналізу можна сказати, що гасіння таких джерел запалювання є неможливим або проблематичним, а найефективнішим способом захисту від дії вище перелічених способів є об'ємне заповнення сумішшю вогнегасних засобів об'ємної дії (вогнегасний порошок, аерозоль, газ – флегматизатор) та перетворення горючої системи, яка контактує з високотемпературними джерелами запалювання, на негорючу – тобто флегматизування.

Таким чином, метою роботи є завдання теоретично обґрунтувати та підтвердити, що одночасна дія компонентів тернарної суміші, яка може містити вогнегасний порошок, аерозоль, та добавки газів флегматизаторів, призведе до флегматизування всіх видів горючих систем в об'ємі та не допустить виникнення полум'яного горіння, гетерогенного горіння та вибуху, і знівелює вплив високотемпературного джерела запалювання.

В даний час важливе місце в дослідженнях і розробках в галузі протипожежного захисту займає напрямок, пов'язаний з вдосконаленням об'ємного способу пожежогасіння. В індустріально розвинутих країнах об'ємний спосіб гасіння з використанням газів та хладонів домінує при захисті обчислювальних центрів, машинних залів, транспортних засобів, багатьох промислових об'єктів. Об'ємний спосіб гасіння пожеж представляється найбільш прогресивним, оскільки він забезпечує не тільки швидке і надійне припинення процесу горіння в будь-якій точці захищуваного об'єму але і флегматизацію цього об'єму, тобто уникнення утворення вибухонебезпечного середовища. Крім того, цей спосіб найбільше економічно ефективний, тому що його можна легко автоматизувати, він відрізняється швидкою дією, не потребує, як у випадку водопінних засобів гасіння, будівництва насосних установок та трубопроводів, і подеколи є значно дешевший за інші засоби гасіння.

Об'ємний спосіб пожежогасіння застосовується в обмежених об'ємах (приміщеннях, відсіках, галереях ін.) і заснований на принципі створення негорючого середовища у всьому об'ємі захищуваних об'єктів, що захищаються. Як уже вказувалося, його можна також використовувати для запобігання утворенню вибухонебезпечних сумішей шляхом розведення середовища в захищуваному об'ємі, до такого вмісту в ньому розріджувача (флегматизатора),

при якому це середовище буде поза областю займання. Так, автор роботи [2] пропонує використовувати для флегматизації горючих середовищ, які можуть виникнути на компресорних станціях з наявними газотурбінними приводами газу – флегматизатори (ГФ). Також автор [2] вказує, що застосування газів – флегматизаторів підвищує температуру самозаймання, що робить процес безпечнішим. Автор [3] пропонує створювати інертне середовище в приміщеннях кораблів, видаленням із приміщень кораблів частини газового середовища, що містить кисень працюючими енергетичними установками, включеними в режим забору повітря.

Іноді спосіб об'ємного гасіння застосовують для протипожежного захисту локальної ділянки у великих об'ємах, але при цьому передбачається підвищена витрата вогнегасних речовин [4]. На противагу їм, зараз набули широкого застосування аерозольні системи пожежогасіння які широко використовуються при об'ємному пожежогасінні. Зважаючи на вище перелічені способи протипожежного захисту можна стверджувати, що вони не передбачають захисту від вибухів, полум'яного та гетерогенного горіння в об'ємі. Застосування аерозолу в якості флегматизатора практично не впроваджено і розглядається деякими авторами лише на експериментальному рівні [5].

На доцільне використання аерозольних засобів гасіння в суміші з порошковими та газовими вогнегасними засобами для флегматизації горючих систем вказують їх деякі властивості, які підтверджують думку про їх високу ефективність щодо запобігання полум'яному горінню.

Відповідно самі лише установки об'ємного аерозольного пожежогасіння не забезпечують повного припинення горіння (ліквідації пожежі) і не застосовуються для гасіння:

- волокнистих, сипких, пористих та інших горючих матеріалів, схильних до самозаймання і (або) тління всередині шару (обсягу) речовини (деревна тирса, бавовна, трав'яна мука та ін);
- хімічних речовин та їх сумішей, полімерних матеріалів, схильних до тління та горіння без доступу повітря;
- гідридів металів та пірофорних речовин;
- порошків металів (магній, титан, цирконій та ін.)

Горіння більшості вуглеводневих речовин припиняється при зниженні вмісту кисню в навколишньому середовищі до 12-15 %, а для речовин, які характеризуються широкою областю запалення (водень, ацетилен), металів (калій, натрій і ін.), деяких гідридів металів і металоорганічних з'єднань, тліючих матеріалів – до 5 % і менше.

У хімічних перетвореннях, що супроводжують горіння органічних речовин, інертні розріджувачі участі не беруть. Вогнегасна ефективність їх тому невисока. Для більшості горючих речовин і матеріалів вогнегасна концентрація при об'ємному гасінні методом заповнення становить 0,6-0,8 кг/м³ [6]. Крім того, недоліком при застосуванні інертних розріджувачів для пожежогасіння в населених приміщеннях є така умова. Граничне розбавлення повітря азотом, при якому не настає асфіксія, відповідає зниженню вмісту кисню до 14-16 %. У випадку застосування діоксиду вуглецю летальна концентрація його становить близько 10-12 %. Разом з тим, вогнегасні концентрації азоту і діоксиду вуглецю складають відповідно 40 % і 30 %, тобто є вищими за небезпечні для людей концентрації [7], [8]. Газу флегматизатори широко застосовуються при гасінні пожеж в приміщеннях. До їх числа відносяться пожежі, пов'язані з горінням бензину, нафти, лаків і фарб, електроустановок і трансформаторів, машинних відділень суден, бібліотек, обчислювальних центрів, силових установок літаків і ін. Найбільше застосування ГФ знайшли в автоматичних стаціонарних установках пожежогасіння, що забезпечують об'ємне гасіння полум'я у захищуваних приміщеннях. Стаціонарними установками пожежогасіння з використанням ГФ рекомендується обладнати приміщення об'ємом до 6000 м³. Ефективність гасіння пожежі значною мірою залежить від фізико-хімічних властивостей вогнегасного засобу і способу його подачі в захищуваний об'єм, конструктивних елементів захищуваного приміщення, кратності газообміну в приміщенні і ін.

З механізмів вогнегасної дії ГФ і аерозолів випливає, що найбільш ефективний їх вплив на саму зону хімічних реакцій горіння. Тому застосовувати їх слід для припинення

полум'яного горіння. Оскільки діють ГФ і аерозолі в газоподібному стані, а гази прагнуть рівномірно розподілитися по всьому навколишньому середовищу, тому вони застосовуються в стаціонарних установках для гасіння внутрішніх пожеж. Принцип гасіння ГФ чи аерозольною сумішшю, що утворилася в результаті спалювання спеціального твердого складу, полягає в тому, що нею заповнюють весь об'єм приміщення, де сталася пожежа, доводячи концентрацію ГФ до рівної, або вищої за вогнегасну. При цьому необхідно враховувати витоки газу через нещільності з відхідними продуктами горіння і т.д., а також нерівномірність розподілу ГФ або аерозолу по захищуваному об'єму і інші фактори. Для об'ємного пожежогасіння використовують також порошки. До переваг застосування порошків відноситься, перш за все те, що більшість вогнегасних порошків значно менш токсична, ніж хладони чи піноутворювачі, або гази флегматизатори при їх вогнегасній концентрації. Солі, які є основою цих засобів, у переважній більшості є тими ж, що є основою мінеральних добрив, а саме: фосфати амонію, хлориди, карбонати та інш. Отже, їх використання супроводжується мінімальною екологічною шкодою. Але порошки мають і свої недоліки – зокрема низька охолоджувальна та ізолювальна здатність, окрім порошків на амонійно-фосфатній основі, є одним із основних недоліків, що унеможливує їх використання для успішного гасіння пожеж класу А1. Реальний охолоджувальний ефект порошку становить не більше 10 – 20% від загальної кількості тепла, що виділяється при горінні [9]. При порошковому пожежогасінні порошок подається, як правило, протягом 5 – 30 секунд, гасіння пожежі відбувається вже через 2 – 8 секунди після подачі вогнегасного порошку. Надалі відбувається самостійне охолодження конструкцій. Вогнегасна концентрація порошку утримується не більше 5 секунд, а потім знижується і за наявності конструкцій, які мають температуру вищу за температуру займання горючих матеріалів, або прихованих осередків тління, можливе повторне займання [10]. В умовах розвинутої пожежі на ділянках, які були загашені порошками, вже через 20-30 секунд може виникнути повторне горіння і пожежа буде розвиватися з попередньою інтенсивністю [11]. Для компенсації цих недоліків, а саме ефективного гасіння полум'яного горіння після осідання порошку, є необхідність створення вогнегасних композицій (сумішей), до складу яких входять два, а то і три різні вогнегасні компоненти, які передбачають заміну основного компонентна іншим із посиленням їх спільної дії – синергізму і відповідно утворенню кінцевої бінарної або навіть і тернарної вогнегасної суміші, в якій будуть компенсуватись недоліки вище перелічених вогнегасних компонентів.

Відповідно виходячи з вогнегасного впливу зазначених вогнегасних речовин доречно розглянути можливість сумісного застосування вогнегасного аерозолу, вогнегасного порошку та інертних газів для флегматизації горючих систем з наявністю високотемпературних джерел запалювання.

Сумісне застосування вогнегасного аерозолу та порошку, перш за все приведе до часткової седиментації порошку, завдяки великим розмірам його частинок які мають розміри близько 20-60 мкм порівняно з розмірами частинок аерозолу – 1-10 мкм [12]. Осілий порошок утворює плівку, яка перешкоджатиме виходу летких горючих компонентів в зону горіння та проникненню повітря до поверхні горючої речовини. В результаті затрат тепла на нагрівання частинок порошку відбуватиметься додаткове охолодження зони горіння над поверхнею горючої речовини. Крім цього, при контакті порошку з нагрітою поверхнею відбуватиметься його термічний розклад, в результаті чого додатково будуть утворюватися газоподібні продукти піролізу, що додатково розбавлятимуть горюче середовище.

Перебуваючи над поверхнею осілого порошку аерозоль буде змішуватися з продуктами розкладу порошку (CO_2 , N_2 , H_2O , та ін.). Таким чином над поверхнею вогнегасного порошку утворюватиметься газовий прошарок з підвищеною концентрацією вогнегасних речовин, що буде сприяти активному та ефективному гасінню дифузійного горіння та флегматизувати горюче середовище. Відомо, [13] що добавляння до теплового флегматизатора хімічного інгібітора призводить до значного підвищення вогнегасної ефективності теплового флегматизатора та зменшення його вогнегасної [14] або флегматизувальної концентрації, що підтверджено в роботі [15]. Таким чином, додаткове введення в суміш інертних газів приведе до значного флегматизувального ефекту внаслідок синергічної дії між компонентами вже утвореної тернарної суміші, яка буде складатись з аерозолу, порошку та інертних газів.

Сумарна флегматизувальна та вогнегасна дія такої суміші буде ґрунтуватися на взаємному синергічному ефекті між її компонентами та компенсації спільних недоліків. Так недолік в вогнегасній ефективності порошку буде компенсуватись аерозолем, що продовжить час вогнегасної дії на дифузійне полум'я до 20 хвилин, недолік аерозолу, який не гасить гетерогенного тління може компенсуватись порошком на амонійно-фосфатній основі, який утворює плівку на поверхні твердої горючої речовини та подавляє тління. Додаткове внесення інертного газу – CO₂ або N₂ приведе до флегматизування горючого газового середовища, яке може утворюватися в результаті дії високих температур на горючі рідкі речовини та запобігання вибуху утвореної газопароповітряної суміші. Співвідношення та концентрація компонентів зазначених тернарних сумішей потребує подальшого дослідження.

Таким чином, в роботі обґрунтовано вибір компонентів тернарних вогнегасних сумішей, призначених для протипожежного захисту об'єктів з наявністю високотемпературних джерел запалювання завдяки їх взаємному синергізму та взаємній компенсації вогнегасної дії для гомогенних та гетерогенних горючих систем. При цьому тернарні вогнегасні суміші можуть складатись з трьох компонентів – вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолу, та газу флегматизатора – N₂ чи CO₂.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Поняття про електричну дугу. [електронний ресурс] http://studopedia.su/4_13987_ponyattya-pro-elektrichnu-dugu.html.
2. Д.М. Деревинський. Пожежна небезпека об'єктів з наявністю газового горючого середовища та нагрітих технологічних поверхонь у замкненому просторі. // Проблемы пожарной безопасности. Сборник научных трудов. Выпуск 27, 2010.
3. Глазкова А.П., Кожин В.Н., Цопа Г.А., Александров В.Е. Газогенерирующие заряды исполнительных устройств систем локального пожаротушения // Тезисы докладов III Всесоюзной межвузовской конференции «Проблемы охраны труда», издат. – Кишинев: Штиинца, 1978.
4. Д.А. Журбинський. До питання застосування аерозольних вогнегасних речовин як флегматизаторів газових горючих середовищ. // УкрНДПБ: Наук.віс. –К., 2007 – 1(15) - С. 141-142.
5. Д.А. Журбинський. Вплив виду аерозольуювальних сполук на основі солей калію та добавок інертних газів на флегматизувальну ефективність аерозолу. / В.М. Баланюк, Д.А. Журбинський А.С. Лин к.т.н., //Пожежна безпека: Зб. наук. прац. Л.: ДЛУБЖД, 2013 - №21. С 54-59.
6. Оценка опасности токсического воздействия огнетушащих газов и аэрозолей, применяемых для объемного пожаротушения. Методическое пособие.-Москва 2005.
7. Ted A. Moore, Nobuo Yamada. (1998). Nitrogen gas as a halon replacement. Halon Options Technical Working Conference 12–14 May. 330–338.
8. Saito,N., Saso,Y., Ogawa,Y., Otsu,Y. and Kikui, H. (1997). Fire Extinguishing Effect Of Mixed Agents Of Halon 1301 And Inert Gases. Fire Safety Science 5, 901–910. DOI:10.3801/IAFSS.FSS.5–901.
9. Сабинин О.Ю., Агаларова С.М. Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – №6. – С.63-68
10. Долговидов А.В., Сабинин О.Ю. Автоматические средства подачи огнетушащих порошков // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – №1. – С.62-67.
11. Moussa N.A., Toong T.Y., Garris C.A. Mechanisms of smouldering of cellulosic materials // 16th Symposium (International) on Combustion. – 1977. – P.1447-1457.

12. Agafonov, Sergey N. Kopylov, Andrey V. Sychev, Vassily F. Uglov, Dmitry B. Zhyganov. (2005). The mechanism of fire suppression by condensed aerosols. Halon Options Technical Working Conference, 15th Proceedings. HOTWC, 1–10.
13. Lott, J. L., Christian, S. D., Sliepcevich, C. M., and Tucker, E. E. (1996). Synergism Between Chemical and Physical Fire-Suppressant Agents. *Fire Technology*, 323, 260–271,. DOI: 10.1007/BF01040218.
14. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності сумішей інгібіторів горіння та інертних розріджувачів / Жартовський В. М., Откідач М. Я., Цапко Ю. В., Тропінов О. Г. // Науковий вісник. – 2003. – №2. – С. 5–10.
15. Balanyuk, V. M., Zhurbinskiy D. A. Phlegmatisation of flammable gas mixtures by aerosol sprays. (2013). *Flegmatyzacja aerozolami mieszanin palnych*. – *ВіТР*. – Vol. 32, Issue 4, 53–58.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ВІД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ОБУМОВЛЕНИХ ЗАГОРАННЯМИ ТА ПОЖЕЖАМИ

Анотація. *Із застосуванням методів активного і пасивного захисту з використанням водних вогнебіозахисних речовин запропоновано створення систем захисту об'єктів критичної інфраструктури від надзвичайних ситуацій у вигляді загорань і пожеж. Впровадження таких систем дозволяє попередити та ліквідувати пожежі на початковій стадії їх розвитку.*

Ключові слова: *об'єкт критичної інфраструктури, водні вогнебіозахисні речовини, методи активного і пасивного захисту*

PROBLEM QUESTIONS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECT DEFENCE SYSTEM CREATION FOR PROTECTION FROM EMERGENCIES CAUSED BY IGNITIONS AND FIRES

Annotation: *on the base of active and passive defence methods with use of water fire bio protective substances the creation of critical infrastructure objects defence systems from ignitions and fires are propose. Introduction of such systems allows to warn and liquidate fires on the initial stage of their development*

Key wards: *critical infrastructure object, water fire bio protective substances, active and passive defence methods*

Протягом останніх десятиліть спостерігалась недосконалість захисту об'єктів від надзвичайних ситуацій у вигляді загорань і пожеж при відсутності належного регулювання з боку органів державної влади. Для усунення цього недоліку була проведена необхідна робота відповідними державними організаціями та науковими установами щодо виконання Загальнодержавної цільової програми цивільного захисту на 2009 – 2013 роки. Результатом цієї роботи стало прийняття Кодексу цивільного захисту України. Кодекс регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій (НС), до яких віднесено і пожежі. Протипожежний захист став невід'ємним елементом сфери цивільного захисту щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, спричинених загораннями і пожежами [1].

В останні роки аналітики НС широко використовують поняття «критична інфраструктура». Під цим поняттям зазвичай розуміють об'єкти, системи, мережі або їх елементи, порушення функціонування або руйнування яких призведе до найсерйозніших наслідків для соціальної та економічної сфери держави, негативно вплине на рівень її обороноздатності та національної безпеки. Крім того, функціонування критичної інфраструктури в мирний час пов'язується із підтриманням життєво важливих функцій в суспільстві, захистом базових потреб його членів і формування у них відчуття безпеки і захищеності.

Як і в інших країнах, в Україні є системи, об'єкти та ресурси, знищення або пошкодження яких матиме суттєвий негативний вплив на громадян, суспільство і державні інституції. При цьому було б невірно стверджувати, що в нашій країні не приділяється увага їх захисту та безпеці. Навпаки, на сьогоднішній день діє ціла низка законодавчих і нормативних актів, що визначає повноваження та компетенцію державних органів у цій сфері,

встановлює особливості забезпечення охорони та безпечного функціонування зазначених об'єктів і систем. Проте, в Україні й досі відсутній системний підхід до управління захистом та безпекою усього комплексу таких систем, об'єктів та ресурсів.

Об'єктом даного дослідження є НС на об'єктах критичної інфраструктури (ОКІ) у вигляді загорань і пожеж, а предметом - заходи і засоби попередження та ліквідації НС на ОКІ, обумовлених загораннями і пожежами, коли пожежна навантага сформована головним чином за рахунок целюлозовмісних матеріалів (ЦВМ).

Завданням роботи є формування засад комплексного підходу до створення систем захисту ОКІ від НС у вигляді загорань і пожеж (СЗОП) на початковій стадії їх розвитку.

Загально визнаної методики щодо визначення рівня безпеки об'єкта від надзвичайних ситуацій у вигляді пожеж (або рівня протипожежного захисту об'єкта) іще не існує. В багатьох країнах світу проводиться розроблення аналітичних методів оцінки рівня пожежної безпеки об'єктів. Вони зумовлені трьома головними причинами: по-перше, намаганням отримання максимального економічного ефекту від проведення протипожежних заходів; по-друге, покращити процес проектування об'єктів та систем протипожежного захисту шляхом забезпечення мінімально допустимого рівня пожежної безпеки при заданому рівні ризику; по-третє, можливістю аналізу небезпечних ситуацій на об'єкті з урахуванням можливості спрощеної методики проектування.

Пожежна навантага в умовах реальної експлуатації об'єкта (функціональна пожежна небезпека) складається з великої кількості різних матеріалів і виробів. Для вирішення загальних питань доцільно вибрати базовий матеріал, який, не змінюючи головну фізичну картину досліджуваного процесу, дозволяє позбутися практичної невизначеності під час аналізу реальної пожежної навантаги для захисту об'єкта критичної інфраструктури (ОКІ) від НС у вигляді пожеж.

Статистичний аналіз, що виконаний у ВНДПО МВС СРСР в кінці ХХ століття [2], свідчить про наступне. Значна кількість пожеж характеризується тим, що горючими матеріалами є деревина і тканини, особливо на об'єктах з масовим перебуванням людей, де в 70,09 % випадках деревина була основним горючим матеріалом. А кількість загиблих людей в цих випадках складає 92 % від загального числа загиблих людей на пожежах.

Враховуючи зазначений аналіз [2], можна зробити припущення, що якщо до пожежної навантаги із деревини і тканин додати матеріали і вироби з паперу і очерету, то в якості базової пожежної навантаги об'єкта слід вважати целюлозовмісні матеріали (деревина, тканини, папір, очерет).

При горінні ЦВМ температурний режим пожежі залежить від кількості пожежної навантаги в приміщенні і досягає максимального значення $800 \div 830^{\circ}\text{C}$ на 20-й хвилині пожежі при питомій навантазі 25 кг/м^2 , $830 \div 850^{\circ}\text{C}$ на 35-й хвилині пожежі при питомій навантазі 50 кг/м^2 , $950 \div 1000^{\circ}\text{C}$ на 70-й хвилині пожежі при питомій навантазі 100 кг/м^2 [3].

За часом розвитку пожежі розподіляють на декілька стадій [2]. Початкова стадія розвитку пожежі (ПСРП) включає в себе час від виникнення горіння до повного охоплення полум'євим горінням поверхні горючої навантаги. Довготривалість цієї стадії залежить від виду і кількості горючої навантаги, потужності джерела займання, конструктивно-планувальних характеристик приміщення і може змінюватися в широких межах. Стадія пожежі, що розвивається, включає в себе період від повного охоплення полум'єм поверхні пожежної навантаги до досягнення постійної швидкості вигорання матеріалів пожежної навантаги. Стадія розвинутої пожежі характеризується досягненням найбільшої її інтенсивності. Всі параметри, що характеризують розвиток пожежі (швидкість вигорання, газообмін, концентрація продуктів згорання, температура, теплові потоки), мають максимальне і практично постійне значення. Стадія пожежі, що затухає, починається з моменту зменшення швидкості вигорання пожежної навантаги і завершується моментом досягнення початкового значення середньооб'ємної температури.

Тривалість ПСРП ($\tau_{\text{ПСРП}}$) є перемінною характеристикою і за середньостатистичними даними становить $5 \div 10$ хвилин [2]. Ця характеристика є також найбільш значущою при встановленні нормативів прибуття пожежних підрозділів на пожежу. В Україні відповідними

нормативними актами встановлено, що час прибуття підрозділів пожежної охорони місце пожежі в містах не повинен перевищувати 5 хвилин, а в сільській місцевості – 12 хвилин.

Наприкінці ХХ століття вважалося, що арсенал вогнегасних речовин і технічних засобів їх подавання є достатнім, щоб при правильній організації бойової роботи забезпечувати локалізацію та гасіння пожеж на ПСРП. Для цього пожежні частини забезпечувались пінними та порошковими вогнегасними речовинами, технічними засобами для подавання компактної, розпиленої та тонко розпиленої води, системами створення водних завіс та іншим технічним устаткуванням для успішного гасіння порівняно нескладних пожеж. Але некерована урбанізація останніх десятиліть при відсутності адекватних нормативів (а й часто-густо при їх порушенні) щодо щільності забудови значно погіршила можливість забезпечення якісного протипожежного захисту об'єктів. У всіх державах спостерігається зростання кількості пожеж, кількості загиблих на пожежах та зростання збитків. В Україні збільшується число випадків невиконання вимог щодо часу прибуття пожежних підрозділів на місце пожежі. Частіше всього підрозділи прибувають на стадії розвинутої пожежі, що значно ускладнює гасіння пожеж.

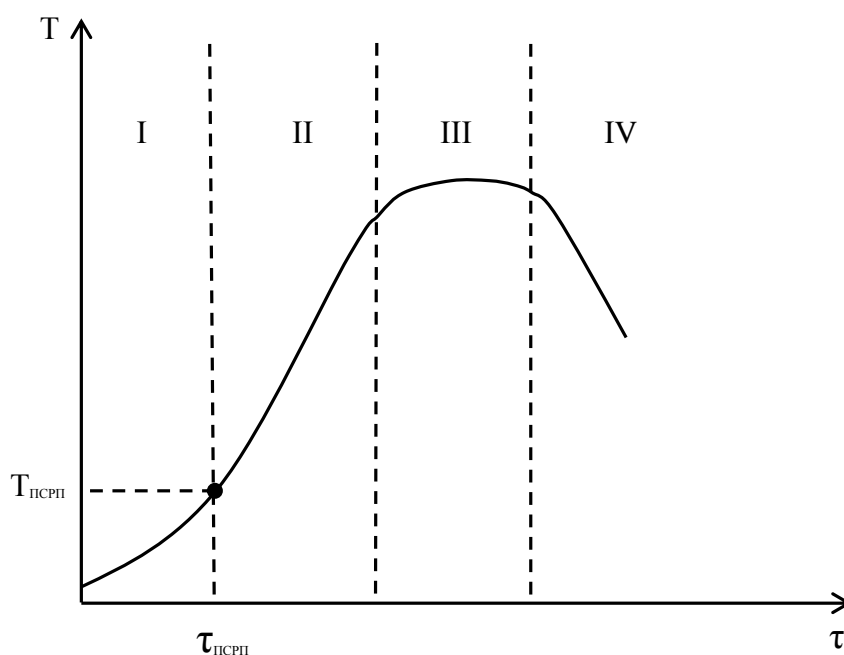


Рис. 1 - Характер зміни середньооб'ємної температури пожежі в приміщенні з пожежною навантагою із деревини [2]: I – початкова стадія розвитку пожежі; II – стадія пожежі, що розвивається; III – розвинута стадія пожежі; IV – стадія пожежі, що затухає

Середньооб'ємна температура є характеристикою пожежної навантаги і умов газообміну. При ПСРП вона досягає діапазону значень $235 \div 250$ °С, що відповідає температурі займання незахищеної деревини (в залежності від породи деревини). В залежності від умов розвитку пожежі (площі та об'єму приміщення, площі та об'єму пожежної навантаги, наявності отворів тощо) перехід від ПСРП до стадії, що розвивається може відбуватися з явищем «загального спалаху», що пов'язане з різким зростанням тиску в осередку пожежі і, як наслідок, з подальшим руйнуванням отворів.

Для успішного попередження та ліквідації НС у вигляді пожеж на ОКІ особлива увага повинна приділятися системам, в яких реалізовано методи активного та пасивного захисту об'єкта. *Активний захист* визначається застосуванням речовин, техніки, засобів, що придатні в любий час бути мобілізованими для гасіння пожежі. *Пасивний захист* визначається застосуванням заходів вогнезахисту, що виконані заздалегідь і не потребують додаткової мобілізації під час гасіння пожежі.

В роботах [4,5] показана висока ефективність застосування водних вогнебіозахисних речовин (ВВБЗР) при реалізації методів пасивного і активного захисту об'єктів з ЦВМ від

загорань і пожеж, а в роботі [6] – ефективність їх комплексного (системного) використання. Отже, загальну схему імплементації СЗОП на основі використання ВВБЗР в структурі ОКІ можливо представити у вигляді, як запропоновано на рисунку 2. В кожному конкретному випадку необхідно визначити в елементах (підсистемах) ОКІ пожежну навантагу, сформовану ЦВМ, що перебувають під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів пожежної небезпеки, та розробити комплекс заходів та засобів пасивного і активного захисту для ефективної протидії НС у вигляді пожеж.



Рис. 2 - Загальна схему імплементації СЗОП на основі використання ВВБЗР в структурі ОКІ

Одним з видів ОКІ, ризики виникнення пожеж на яких значно зросли внаслідок підвищення ймовірності терористичних атак в останні роки, є склади зброї і боєприпасів Збройних Сил та Національної Гвардії України. На рисунку 3 типовий варіант розміщення боєприпасів в складі відповідно до нормативних вимог (коричневим кольором виділені дерев'яні елементи будівельних конструкцій та тари для зберігання боєприпасів), а на рисунку 4 - варіант реалізації СЗОП для ОКІ (рис. 3) на основі методів пасивного і активного захисту з використанням ВВБЗР.

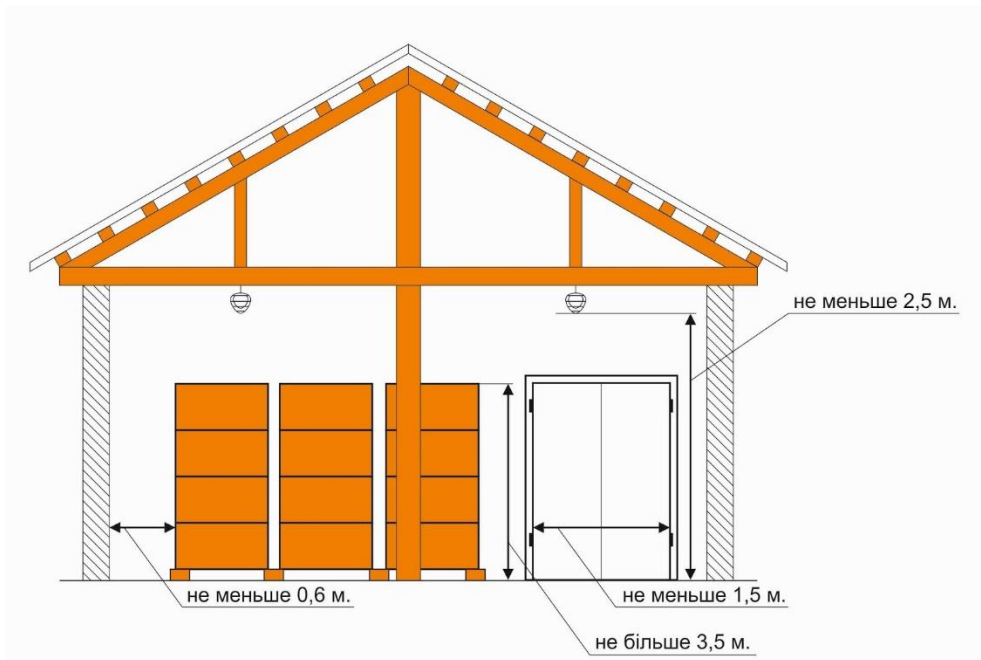


Рис. 3 - Типовий варіант розміщення боєприпасів в складі відповідно до нормативних вимог

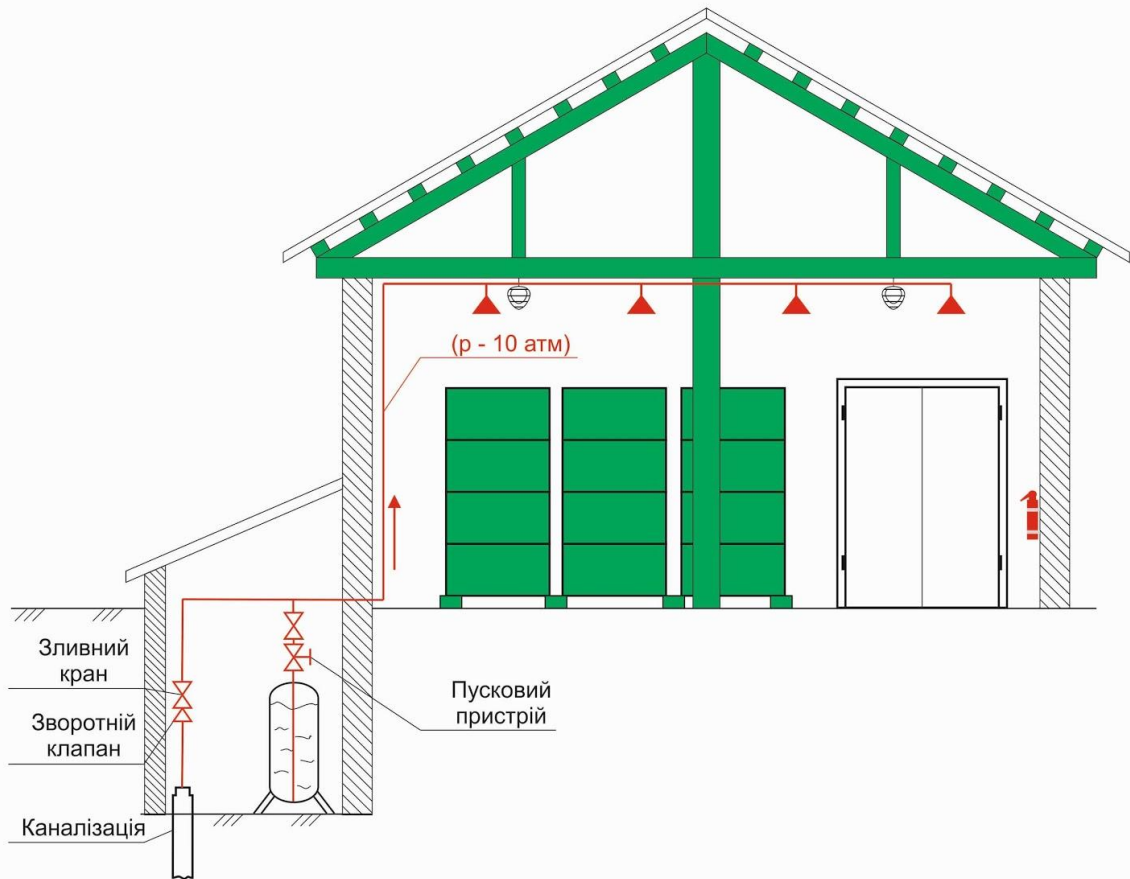


Рис. 4 – варіант реалізації СЗОП на основі методів пасивного і активного захисту з використанням ВВБЗР (зеленим кольором - дерев'яні елементи тари та будівельних конструкцій, захищених в рамках заходів пасивного захисту; червоним кольором – елементи підсистеми активного захисту)

Таким чином, використання новітніх технологій створення екологічно безпечних ВВБЗР утворює підґрунтя для забезпечення ОКІ системами захисту від НС у вигляді загорань і пожеж на початковій стадії їх розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. Баратов А.Н., Молчадский И.С. Горение на пожаре. Монография. М.: ВНИИПО. 2011. – 503 с.
3. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. – 2-е узд. перераб. – М.: Химия. 1981. – 272 с.
4. Жартовский С.В. Пассивная противопожарная защита деревянных конструкций куполов церквей с применением пропиточных составов./ В.М.Жартовский, В.В. Нижник, С.В. Жартовский, А.В. Добростан // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №3 – С.31 – 37.
5. Жартовский С.В. Активная противопожарная защита деревянных куполов церквей с применением водных огнетушащих веществ./ С.В. Жартовский, В.В. Нижник, Р.В. Уханский // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №4 – С.65 – 71.
6. Жартовский С.В. Системный подход к созданию противопожарной защиты объекта с использованием водных огнезащитных и огнетушащих веществ. / С.В.Жартовский // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №9 – С.25 – 32.

Д.Г. Бобро
канд. фіз.-мат. наук

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ РІВНЯ КРИТИЧНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ

Анотація. Проаналізовано сучасні методологічні підходи до оцінки критичності об'єктів інфраструктури. Показано, що зважаючи на невизначеності, зокрема, неточність та неповноту інформації, необхідної для коректної оцінки загроз та ризиків критичній інфраструктурі, багатовимірність та незіставність можливих наслідків, необхідність врахування численних взаємозв'язків та взаємозалежностей об'єктів критичної інфраструктури, універсальність оцінки критичності може забезпечити застосування методів нечіткої логіки та експертних оцінок.

Запропонована 3-рівнева ієрархічна модель критеріїв визначення критичності інфраструктури та надані пропозиції щодо дальших кроків з розбудови в Україні державної системи захисту критичної інфраструктури.

Наведено приклад визначення критичності об'єктів інфраструктури, заснований на використанні методів експертних оцінок та нечіткої логіки.

Ключові слова: критична інфраструктура, загроза, вразливість, ризик, стійкість, надзвичайна ситуація, тероризм.

THREAT FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE AND ESTIMATION OF ITS «CRITICISM»

Annotation. The modern methodological approaches are analyzed for the estimation of «criticism» of infrastructure objects. It is rotined that because of vaguenesses, in particular, inaccuracy and incompleteness of information, that are necessary for the correct estimation of threats and risks to the critical infrastructure, because of multidimensionality and uncomparableness of possible consequences, because of necessity to account numerous relationship and interdependencies of critical infrastructure objects, universality of estimation of «criticism» can provide application of methods of fuzzy logic and expert estimations.

The 3-level hierarchical model of «criticism» criteria of criticism determination of infrastructure objects is offered. Suggestions are given to concerning further steps to build in Ukraine the state system of critical infrastructure protection.

The example how to determinate the «criticism» of infrastructure objects was cite an instance, that based on the use of methods of expert estimations and fuzzy logic.

Keywords: critical infrastructure, threat, vulnerability, risk, resilience, emergency situation, terrorism.

Проблеми забезпечення безпеки критичної інфраструктури.

Усвідомлення світової тенденції до посилення негативних процесів природного та техногенного характеру, зростання терористичних загроз, кількості та витонченості кібератак, драматичні події на сході та півдні України 2014-2016 років актуалізували для країни питання захисту інфраструктури, життєво важливої для безпеки людини, суспільства і держави – інфраструктури, яка в світовій практиці визначається як критична.

У країнах світу, які в рамках забезпечення національної безпеки використовують поняття «Критична інфраструктура» (КІ), під такою інфраструктурою розуміють об'єкти і системи, настільки важливі для забезпечення життєдіяльності людей і держави, дестабілізація роботи яких, не говорячи вже про колапс, призведе до тяжких негативних або навіть катастрофічних наслідків. При цьому, особливу небезпеку несуть каскадні ефекти, коли порушення в роботі одного об'єкту КІ призводять до порушень в роботі інших об'єктів і систем унаслідок їх взаємозалежності («ефект доміно») [1]. З іншої сторони, до КІ відносять і особливо небезпечні виробництва, аварії на яких, викликані будь-якими причинами (природними або техногенними надзвичайними ситуаціями, зловмисними діями), також можуть обернутися катастрофічними наслідками.

Спираючись на досвід ЄС, США, країн-членів НАТО в Національному інституті стратегічних досліджень в 2015 році була підготовлена Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні [2]. У цьому документі були систематизовані підходи до розуміння і визначення самого поняття «Критична інфраструктура», яка розуміється як «системи та ресурси, фізичні чи віртуальні, що забезпечують функції та послуги, порушення яких призведе до найсерйозніших негативних наслідків для життєдіяльності суспільства, соціально-економічного розвитку та забезпечення національної безпеки». Визначені основні групи загроз КІ (техногенні аварії та технічні збої, викликані, у т.ч., людськими помилками; природні лиха та небезпечні природні явища; зловмисні дії), представлені пропозиції щодо переліку секторів КІ (галузей народного господарства) і основних принципів, на яких має здійснюватися дальша розбудова в Україні системи захисту критичної інфраструктури. Метою цієї системи повинне стати гарантування спроможності критичної інфраструктури виконувати (чи у найкоротші терміни відновлювати) свої функції з життєзабезпечення людей, суспільства, бізнесу і держави.

Слід зазначити, що у провідних країнах світу виходять із необхідності забезпечення захисту критичної інфраструктури від усіх видів загроз (all hazards approach). Водночас, розуміння неможливості забезпечити однаково високий рівень захисту всієї критичної інфраструктури від всіх можливих загроз призвів до розвитку підходу до захисту, який зосереджений на вибірковому захисті конкретного об'єкту КІ від обмеженого набору відомих та відносно прогнозованих загроз, віддаючи пріоритет тій або іншій інфраструктурі залежно від ступеня її «критичності», головною мірою якої виступає ризик [3].

Існують різні підходи до визначення ризику. Втім, узагальнений підхід до оцінки ризиків КІ включає:

- ідентифікацію та класифікацію загроз, оцінку ймовірності (чи, точніше, частоти) кожної загрози;
- оцінку вразливостей до кожного типу подій/атак (що з урахуванням частоти загрози визначає ймовірність нанесення шкоди),
- оцінку наслідків (для обґрунтованого найгіршого сценарію розвитку подій).

Питання захисту критичної інфраструктури за останні роки розглядалося у низці робіт, зокрема, А.О.Мороза, О.М.Євдіна, В.А.Заславського, В.Ф.Гречанінова, В.В.Бегуна, С.І.Кондратова, Д.С.Бірюкова. Більшість цих робіт так чи інакше стосувалася запровадження в управління безпекою ризик-орієнтованого підходу, що безумовно слід вважати кроком уперед у розбудові в Україні сучасної системи забезпечення національної безпеки. Водночас, хоча зазначений ризик-орієнтований підхід і використовується в управлінні техногенно-екологічною безпекою, слід зазначити, що кількісно оцінити та адекватно зіставити ризики КІ не завжди можливо. Це пов'язано як із невизначеністю, зокрема, неточністю та неповністю інформації, необхідної для коректної оцінки частоти загроз (найбільше це позначається на невизначеності терористичних загроз), так і з багатовимірністю та незіставністю можливих наслідків [4]. Окрім того, ключовою особливістю оцінки ризиків для КІ є необхідність врахування численних взаємозв'язків та взаємозалежностей [5], які можуть бути як очевидними (функціональна залежність), так і розмитими (наприклад, коли інформаційний стан однієї системи визначає функціональний стан іншої). Зазначене потребує застосування інших методів, зокрема, методів нечіткої логіки та експертних оцінок [6].

З іншої сторони, говорячи про захист КІ, постає питання не лише «від чого захищатись», але й «що захищати»: об'єкт чи функцію? Слід зазначити, що захист цих елементів КІ має відмінності, оскільки щодо об'єктів він направлений, у першу чергу, на зниження рівня загроз та вразливості об'єктів, мінімізацію наслідків, а щодо функцій – на безперервність їх надання та скоріше відновлення у разі переривання [6,7].

Метою статті є опрацювання підходів до визначення міри «критичності» об'єктів інфраструктури та можливості забезпечення адекватного захисту КІ від усіх видів загроз, та надання пропозицій щодо дальшої розбудови системи захисту КІ в Україні.

Визначення параметрів (критеріїв) оцінки критичності елементів інфраструктури.

Параметри оцінки рівня критичності мають різну природу та характеризують вплив кризової ситуації на об'єкті КІ (її наслідки) з різних сторін. Вони можуть бути представлені в якісному або кількісному вигляді [6].

Для визначення множини параметрів оцінки рівня критичності розглянемо фактори та характеристики, які згадані у Зеленій книзі [2], використовуються в РФ [1,8], Ізраїлі [1] та США [9,10].

Так, при визначенні потенційних елементів КІ Зелена книга [2] з урахуванням Директиви 2008/114/ЄС визначає необхідність аналізу наступних характеристик:

- масштаб (географічне охоплення території, для якої втрата елемента критичної інфраструктури викликає значну шкоду);
- взаємозв'язок між елементами критичної інфраструктури;
- тривалість впливу (як саме і коли проявлятимуться шкода, пов'язана із втратою чи відмовою, виходом з ладу або порушенням функціонування об'єктів критичної інфраструктури);
- вразливість об'єкту до впливу небезпечних чинників;
- важкість можливих наслідків за показниками в таких основних групах:
 - економічна безпека (вплив на ВВП, розмір економічних втрат як прямих, так і непрямих, частки продукції на ринку, чисельності зайнятих співробітників, податкових надходжень у бюджет);
 - безпека життєдіяльності та здоров'я населення (число постраждалих, загиблих, осіб, які отримали серйозні травми, а також чисельність евакуйованого населення, забезпечення роботи аварійно-рятувальних служб, екстреної допомоги населенню);
 - внутрішньополітична й державна безпека (втрата впевненості в дієздатності влади, авторитету держави, порушення управління державою);
 - обороноздатність (зниження боєздатності збройних сил, розголошення таємної інформації);
 - екологічна безпека (вплив на навколишнє природне середовище).

Схожий набір параметрів використовується й в РФ [8]; при цьому показники розподілені на два рівня:

- Значущість об'єкта для економіки держави:
 - вартість річного випуску товарної продукції, млн. руб.;
 - загальна чисельність виробничого персоналу, тис. осіб;
 - балансова вартість основних виробничих фондів, млн. руб.;
 - частка основної продукції об'єкта в продукції того ж виду, що випускається в державі %.
- Нанесення шкоди престижу держави:
 - порушення керованості держави або регіону;
 - нанесення шкоди авторитету держави, у тому числі на міжнародній арені;
 - розкриття державних секретів, конфіденційної науково-технічної та комерційної інформації;
 - порушення боєготовності та боєздатності Збройних Сил;
 - порушення стабільності фінансової та банківської систем.
- Можливі загрози населенню та територіям:

- великомасштабне знищення національних ресурсів (природних, сільськогосподарських, продовольчих, виробничих, інформаційних);
- територія зараження (забруднення) у разі аварії на об'єкті;
- чисельність населення, яке може постраждати у разі надзвичайної ситуації на об'єкті;
- порушення систем забезпечення життєдіяльності міст та населених пунктів;
- масові порушення правопорядку;
- зупинка безперервних виробництв;
- аварії та катастрофи регіонального масштабу.

В Ізраїлі при ідентифікації об'єктів КІ враховуються три критерії [1]:

- символічна (ідеологічна, історична або культурна) значимість об'єктів;
- залежність основних процесів життєзабезпечення суспільства від інфраструктури;
- наявність складних взаємозв'язків та залежностей між об'єктами інфраструктури.

Цікавим є те, що об'єкти культурної спадщини Ізраїлю (музеї, архіви, культові споруди та інші пам'ятки) віднесені до числа об'єктів, які повинні бути захищені в першу чергу.

В США в загальнонаціональну базу для аналізу критичності включено близько 33 тис. об'єктів інфраструктури, з яких близько 2 тис. було віднесено до критичної інфраструктури [9]. Ці об'єкти були розділені на три категорії: життєво важливі (АЕС, великі гідропоруди та ГЕС, сховища стратегічних запасів нафти та газу, небезпечні хімічні та нафтохімічні виробництва, сховища ядерних матеріалів та боєприпасів); вкрай важливі (крупні системи енергозабезпечення, метрополітен, мережі водопостачання та каналізації, магістральні трубопроводи); важливі (морські порти, очисні споруди, магістральні автомобільні та залізничні дороги, крупні аеропорти, центри зв'язку тощо). Загалом, при оцінці критичності об'єктів у США її ступінь зазвичай ділиться на три категорії: висока, середня, низька.

Слід зазначити, що в США також використовуються ризик-орієнтовані підходи до управління безпекою, зокрема, ризики КІ оцінюються на основі експертних оцінок за п'ятибальною шкалою від низького рівня до катастрофічного. Схожий підхід використовується й для визначення 5-и ступенів готовності: червона (вища), помаранчева (висока), жовта (підвищена), голуба (можлива) та зелена (низька) [9,10].

При визначенні потенційних елементів КІ у США використовуються схожі характеристики [9]:

- масштаб;
- взаємовплив елементів інфраструктури;
- тривалість впливу;
- час на відновлення;
- важкість можливих наслідків в таких основних групах:
 - економіка;
 - фінанси;
 - оточуюче середовище;
 - безпека життєдіяльності та здоров'я людей;
 - технологічне середовище.

Окрім того, враховується символічна значимість об'єктів, шкода національній обороні та можливі вторинні проблеми національній безпеці.

Інтересним є й підхід для ранжування об'єктів військово-промислового комплексу у США – модель визначення пріоритетності об'єктів ВПК (The Asset Prioritization Model) [10]. Усі об'єкти оцінюються за 16-ма факторами, яким присвоєні вагові коефіцієнти від 16 до 1, з діапазоном оцінок «важливості» об'єкта від 1 до 3 (інколи 5), та розраховується сумарний індекс «ризикованості» об'єкта. Ці фактори враховують вплив на великосерійні програми виробництва, на бойові можливості (значущість продукції), фінансові можливості компанії, економічну живучість, можливості відновлення, кількість населення, що проживає поряд, супутні втрати від враження хімічними / біологічними / радіаційними та вибуховими речовинами, які використовувалися при атаці, та інші. Цікавим є й те, що у 2007 році найбільш критичними визнані об'єкти, на яких виконуються великосерійні програми виробництва для

ВПК, в той час як раніше такими об'єктами вважалися ті, які мають найбільший вплив на сучасні бойові можливості.

Враховуючи наведене можна побудувати наступну ієрархічну модель критеріїв визначення критичності інфраструктури – див. Табл.1.

Таблиця 1. Ієрархічна модель критеріїв визначення критичності інфраструктури

1 рівень	2 рівень	3 рівень
взаємозв'язок між елементами критичної інфраструктури	каскадні ефекти	зниження обсягу функцій залежних систем
		настання важких негативних екологічних, економічних, соціально-політичних наслідків
		унеможливлення ліквідації наслідків кризової ситуації (роботи аварійно-рятувальних служб, надання екстреної допомоги населенню тощо)
	взаємозамінність (диверсифікованість)	можливість постачання послуг/ресурсів з інших джерел (іншими шляхами)
	резервування	наявність резервних виробництв/ресурсів
масштаб впливу	територіальне поширення	локальне, район, регіон, вся територія держави, глобальне
	масштаб інциденту в організаційному аспекті	на рівні процесу, підприємства, галузі економіки, загальний для держави або групи держав
часовий ефект впливу	час, через який з'являються негативні наслідки	негайно, через кілька годин, тижнів, місяців
	тривалість впливу	до кількох годин, діб, тижнів, місяців, років
	час на відновлення	кілька годин, діб, тижнів, місяців, років
важкість можливих наслідків	збиток здоров'ю і життю людей	кількість постраждалих, травмованих, загиблих, евакуйованих
		енергопостачання
	ступінь порушення нормальних умов життєдіяльності людей	водопостачання
		каналізація та вивезення сміття
		постачання товарів першої необхідності (продуктів харчування, засобів гігієни тощо)
		послуги з охорони здоров'я
	економічна шкода	транспортне сполучення
вплив на ВВП		
розмір економічних втрат, як прямих, так і непрямих		
	чисельність персоналу та населення, що пов'язано з діяльністю об'єкта	

		частка продукції об'єкта в загальнодержавному її випуску/споживанні
	ступінь порушення безперервності надання функцій із забезпечення виробничої діяльності стратегічних підприємств	зупинка безперервних виробництв
		частка продукції об'єкта в загальнодержавному її випуску/споживанні
	ступінь впливу на фінансову та банківську систему	частка об'єкта в загальнодержавному обсязі банківських чи фінансових послуг
	екологічна шкода	вплив на населення (забрудненість повітря, води, продуктів харчування тощо)
		вплив на навколишнє природне середовище
	соціально-політична шкода	нанесення шкоди авторитету держави
		рівень панічних, протестних та антидержавних настроїв
		суспільна тривога, втрата впевненості в дієздатності влади, розбрат
		символічна значимість об'єктів (історичні та культурні цінності)
	ступінь впливу на безпеку держави та обороноздатність	порушення керованості держави або регіону
		масові порушення правопорядку
		зниження боєготовності та боєздатності збройних сил
		вплив на бойові можливості (значущість продукції/послуг)
		розкриття державних секретів, конфіденційної науково-технічної та комерційної інформації

Слід зазначити, що коректно оцінити кількісно більшість наведених вище параметрів вкрай складно, а то і неможливо.

Використання ж методів експертної оцінки (оцінки поточного рівня параметрів шляхом віднесення до певної підгрупи значень показника цих параметрів), суб'єктивність рішень, невизначеність чітких критичних значень показників та різнорідність шкал для їх оцінювання **вимагають використання апарату нечіткої логіки.**

Приклад використання методів нечіткої логіки для визначення рівня критичності об'єкта/функції інфраструктури.

1. Визначення параметрів оцінки критичності.

Множина параметрів оцінки критичності об'єктів/функцій інфраструктури сформована на основі параметрів ієрархічної моделі критеріїв (Табл.1). Експертами для аналізу об'єктів інфраструктури використана множина з 16-и параметрів 2-го рівня (Табл.1).

2. Визначення ваги параметрів.

Для кожного з параметрів за методом експертної оцінки Дельфі визначена вага (значимість) параметру від 0 до 100% (від 0 до 1,0); при цьому сума ваги всіх параметрів дорівнює 100% (1,0).

3. Визначення значень параметрів.

За методом експертної оцінки Дельфі було визначено нечітке значення параметрів оцінюваного об'єкту інфраструктури (нафтобаза у м. Васильків Київської обл.). Була використана лінгвістична зміна з 5-и термів: несуттєвий (голубий), незначний (зелений), значимий (жовтий), значний (помаранчевий) та критичний (червоний).

4. Візуалізація результату.

Для візуалізації рівня критичності оцінюваного об'єкта побудована пелюсткова діаграма, де ширина пелюстка відповідає вазі (значимості) параметру, а його нечітке значення для цього об'єкта визначено експертами із використанням вищезгаданої лінгвістичної зміни з 5-и термів. Було обчислене значення агрегованого (інтегрального) показника критичності (відповідає площі пелюсткової діаграми), проведена його нормалізація (представлено у діапазоні 0-1,0).

Результат оцінки критичності оцінюваного об'єкту наведений на рисунку 2. Об'єкт за критичністю віднесений до 2 групи КІ – «вкрай важливий» (детальніше далі).

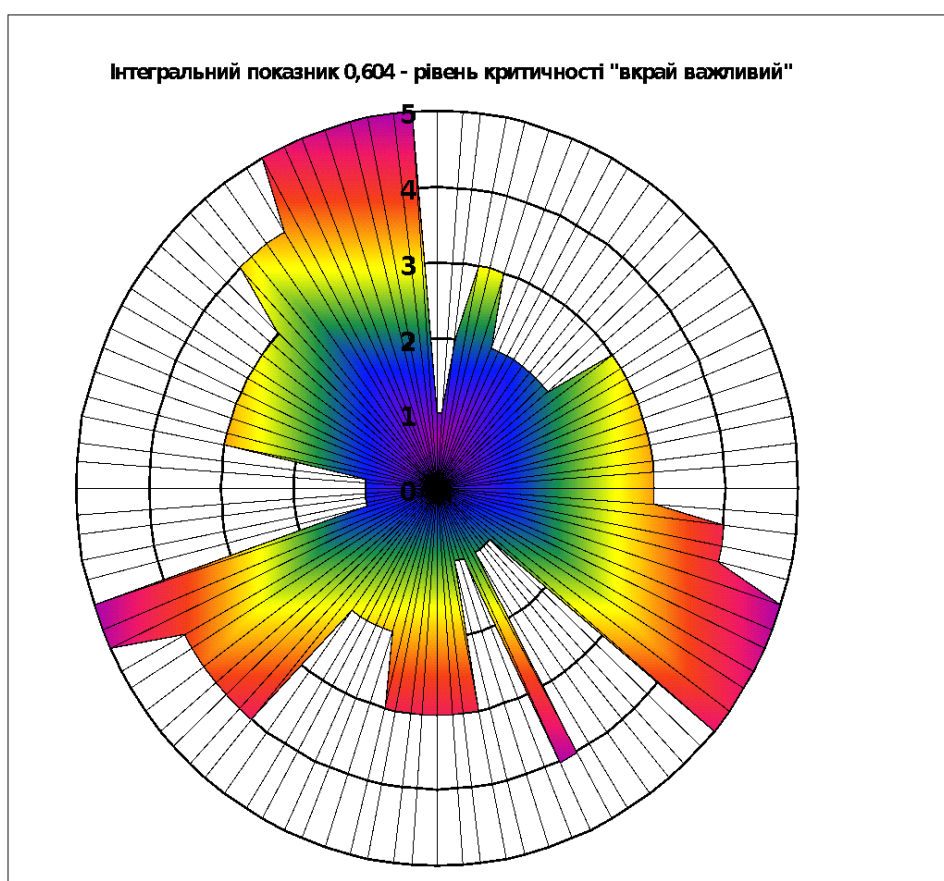


Рис.2. Приклад оцінки критичності об'єкту інфраструктури.

5. Ранжування об'єктів критичної інфраструктури.

Ранжування усіх інфраструктурних об'єктів проведемо за обчисленими значеннями нормованого агрегованого (інтегрального) показника. Приклад подібного ранжування наведений на рисунку 3.

Для лінгвістичного розпізнання рівня критичності об'єкта інфраструктури за термами: життєво-важливий, вкрай важливий, важливий була використана наступна шкала:

1 група – життєво-важливі об'єкти КІ – нормований коефіцієнт критичності понад 0,8 – великі об'єкти інфраструктури загальнодержавного значення, які мають розгалужені зв'язки та значний вплив на іншу інфраструктуру, заходи з відновлення яких вимагають значних

ресурсів та часу. На таких об'єктах має бути створена адекватна загрозам система фізичного захисту (наприклад, АЕС, нафтопереробні заводи, крупні гідропоруди тощо). Відповідальність за захист цієї КІ має консолідовано нести держава та оператори (власники) з чітким регламентуванням відносин та взаємодії.

2 група – вкрай важливі об'єкти КІ – нормований коефіцієнт критичності від 0,5 до 0,8. На таких об'єктах потрібно реалізувати як заходи з фізичного захисту, так і передбачити можливість скорішого відновлення функцій за рахунок диверсифікації та резервів (наприклад, крупні нафтобази, підземні сховища газу, електричні підстанції, мостові переходи, крупні елеватори, джерела питної води тощо). Відповідальність за захист цієї КІ мають нести оператори (власники) та держава на основі державно-приватного партнерства при жорсткому контролі з боку держави за дотриманням вимог та правил з безпеки.

3 група – важливі об'єкти КІ – нормований коефіцієнт критичності від 0,1 до 0,5. Основним шляхом захисту такої інфраструктури є забезпечення скорішого відновлення функцій за рахунок диверсифікації та резервів (наприклад, теплові електростанції, автомагістралі тощо). Відповідальність за захист цієї КІ, в першу чергу, мають нести оператори (власники), а держава має забезпечити наявність умов для диверсифікації та резервування.

4 група – об'єкти, що мають нормоване значення агрегованого (інтегрального) показника менше 0,1 – до критичної інфраструктури не відносилися; безпосередній захист цих об'єктів є відповідальністю суто оператора (власника).

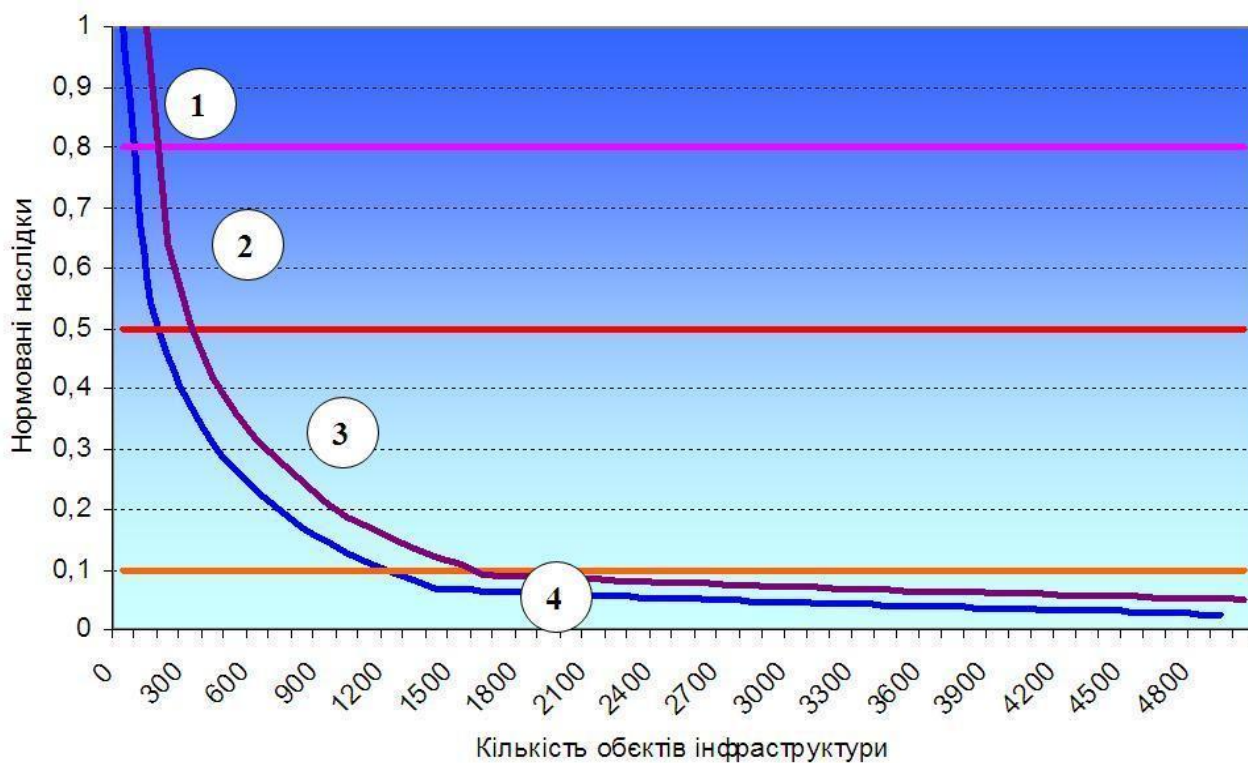


Рис.3. Приклад ранжування об'єктів інфраструктури за рівнем «критичності»

Слід зазначити, що прийняті у даному прикладі граничні показники критичності (0,1, 0,5 та 0,8) визначені експертами попередньо та мають бути уточнені за результатами оцінки основної частини інфраструктурних об'єктів, у т.ч., виходячи зі спроможності держави.

Висновки та рекомендації

Фактично до цих пір під захистом критичної інфраструктури розумілося або забезпечення охорони (фізичної безпеки), чим займається ряд служб і відомчих підрозділів, або захист від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, чим займається Державна служба з надзвичайних ситуацій. Глобальнішими питаннями, які пов'язані із забезпеченням стійкості об'єктів КІ по відношенню до будь-яких загроз і можливістю на

державному рівні забезпечити виконання функцій із життєзабезпечення людей, суспільства, бізнесу і держави у разі реалізації цих загроз, на системному рівні не займається жодне відомство.

У рекомендаціях Зеленої книги [2] говориться про необхідність розробки Закону України про захист критичної інфраструктури, в якому, зокрема, мають бути визначені суб'єкти та структура системи захисту критичної інфраструктури. При цьому, для дальшої розбудови системи необхідно мати апарат, який координуватиме розробку правових, організаційних, методологічних, технологічних та інших інструментів захисту КІ, проводитиме оперативний аналіз існуючих загроз і ризиків, розроблятиме рекомендації керівництву держави по режимах функціонування системи захисту КІ залежно від рівня загроз і правового стану.

Враховуючи комплексність питання це означає необхідність створення Національного центру з питань захисту критичної інфраструктури та мережі галузевих (територіальних) ситуаційних центрів, фахівці яких на єдиній методологічній основі мають оцінювати загрози та ризики КІ, формувати перелік та проводити ранжування об'єктів інфраструктури за їх критичністю, розробляти плани реагування та оцінювати ефективність їх виконання. На першому етапі роботи Національний центр має сформувати перелік об'єктів критичної інфраструктури державного рівня (групи 1 та 2), відповідальність за захист яких лежить, у т.ч., на державі, а відповідні галузеві (функціональні) центри за тією ж методологією та під методичним керівництвом Національного центру – сформувати перелік об'єктів КІ для груп 3 та 4, відповідальність за захист яких лежить, у першу чергу, на операторах (власниках) цих об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бірюков Д.С. «Про доцільність та особливості визначення критичної інфраструктури в Україні». Аналітична записка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1026/>
2. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні. 2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.niss.gov.ua/public/File/2015_nauk_an_rozrobku/Green%20Paper%20-%20dopovid.pdf
3. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part I: a state of the art / G.Giannopoulos, R.Filippini, M. Schimmer. – Luxembourg: Joint Research Centre of Institute for the Protection and Security of the Citizen, 2012. – 70 p.
4. Бобро Д.Г., Визначення критеріїв оцінки та загрози критичній інфраструктурі. Стратегічні пріоритети, № 4 (37), 2015 р., Серія «Економіка», стор.83-93. – Режим доступу: <http://sp.niss.gov.ua/content/articles/files/10-1457002140.pdf>
5. Lewis T.G., Critical infrastructure protection in homeland security: defending a networked nation. - John Wiley & Sons, Inc., 2006. – 474 p.
6. Корченко А. О. Метод оцінки рівня критичності для систем управління кризовими ситуаціями / А. О. Корченко, В. А. Козачок, А. І. Гізун // Захист інформації. - 2015. - Т. 17, № 1. - С. 86-98. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zi_2015_17_1_14.
7. Гізун А.І. Сучасні підходи до захисту інформаційних ресурсів для забезпечення безперервності бізнесу / А.І. Гізун, В.О. Гнатюк, О.П. Дуксенко, А.О. Корченко // Матеріали Х Міжнародної науково-технічної конференції «АВІА-2011». - К.: НАУ, 2011. - Т1 - с. 2.5-2.9. – Режим доступу: http://avia.nau.edu.ua/doc/2011/2/avia2011_2_2.pdf
8. Методика отнесения объектов государственной и не государственной собственности к критически важным для национальной безопасности Российской Федерации. Нормативный документ МЧС России. – Режим доступу: <http://central.mchs.ru/upload/site4/files/bea08465669b520c2603f73058fe188a.pdf>
9. Цыгичко В.Н., Смолян Г.Л., Черешкин Д.С. «Обеспечение безопасности критических инфраструктур в США (аналитический обзор)». Труды ИСА РАН, 2006, т.27.
10. Баранник А., Клементьев С., «Организация обеспечения безопасности критической инфраструктуры в США, Зарубежное военное обозрение. № 8, 2009, с.3-10.

THE IMPORTANCE OF IMPLEMENTATION OF DISASTER RISK REDUCTION APPROACH IN UKRAINE

ABSTRACT

The actual programs of UN in the field of disaster risk reduction and strengthening of economic, social, health and environmental resilience are analysed. The preconditions of implementation in Ukraine the disaster risk reduction approach are outlined as an effective mechanism to increase the ability of state to neutralise the negative consequences of natural and man-made disasters.

Keywords: disasters, risk reduction, national platform, international cooperation, safety, sustainable development.

INTRODUCTION

In line with recent UN data, more than 700 thousand people have lost their lives, over 1.4 million have been injured and approximately 23 million have been made homeless as a result of disasters over the past 10 years [1]. Overall, more than 1.5 billion people have been affected by disasters in various ways, with women, children and people in vulnerable situations disproportionately affected. The total economic loss was more than \$1.3 trillion. In addition, between 2008 and 2012, 144 million people were displaced by disasters.

Disaster can be defined as a serious disruption of the functioning of a community or a society involving widespread human, material, economic or environmental losses and impacts, which exceeds the ability of the affected community or society to cope using its own resources [2]. Disasters are often described as a result of the combination of the exposure to a hazard, the conditions of vulnerability that are present and insufficient measures to reduce or cope with the potential negative consequences. Disaster impacts may include loss of life, injury, disease and other negative effects on human physical, mental and social well-being, together with damage to property, destruction of assets, loss of services, social and economic disruption and environmental degradation.

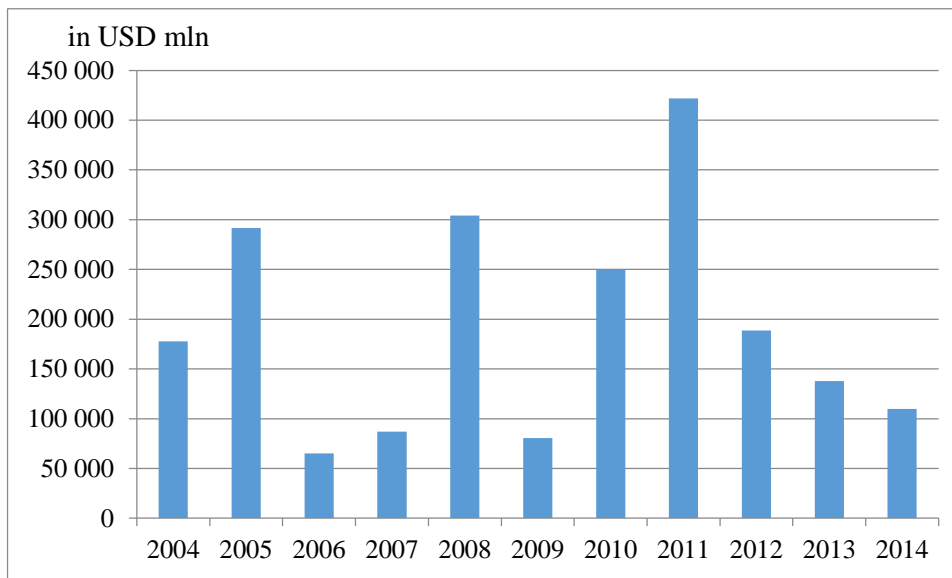
Disasters, many of which are intensified by climate change and which are increasing in intensity, significantly slow down progress towards sustainable development. Evidence indicates that exposure of persons and assets in many countries has been increased faster than vulnerability has decreased, thus generating new risks and a steady rise in disaster-related losses, with a significant economic, social, health, cultural and environmental impact at the local and community levels. Recurring small-scale disasters and slow-onset disasters particularly affect communities, households and small and medium-sized enterprises, constituting a high percentage of all losses. All countries – especially developing countries, where the mortality and economic losses from disasters are disproportionately higher – are faced with increasing levels of possible hidden costs and challenges in order to meet financial and other obligations.

In current conditions it is urgent to anticipate plan for and reduce disaster risk in order to more effectively protect persons, communities and countries, their livelihoods, health, socio-economic assets and ecosystems, and strengthen their resilience in the face of various threats of natural and made-man origin. Disaster risk reduction (DRR) is the concept and practice of reducing disaster risks through systematic efforts to analyse and manage the causal factors of disasters, including through reduced exposure to hazards, lessened vulnerability of people and property, wise management of land and the environment, and improved preparedness for adverse events [2].

According to the experts of the German reinsurance company Munich Re there were 336 disaster events in 2014 [3]. Among them the natural catastrophes have reached the highest level ever recorded in one year at 189 events while 147 were man-made disasters. More than 12700 people lost their lives or went missing because of these events.

¹ - Ph.D., Senior Consultant, National Institute for Strategic Studies, 7-a Pyrogova Street, Kyiv 01030, Ukraine, ivanyuta@niss.gov.ua

Estimated total economic losses from natural catastrophes and man-made disasters were USD 110 billion in 2014, down from USD 138 billion in 2013 (Pic. 1).

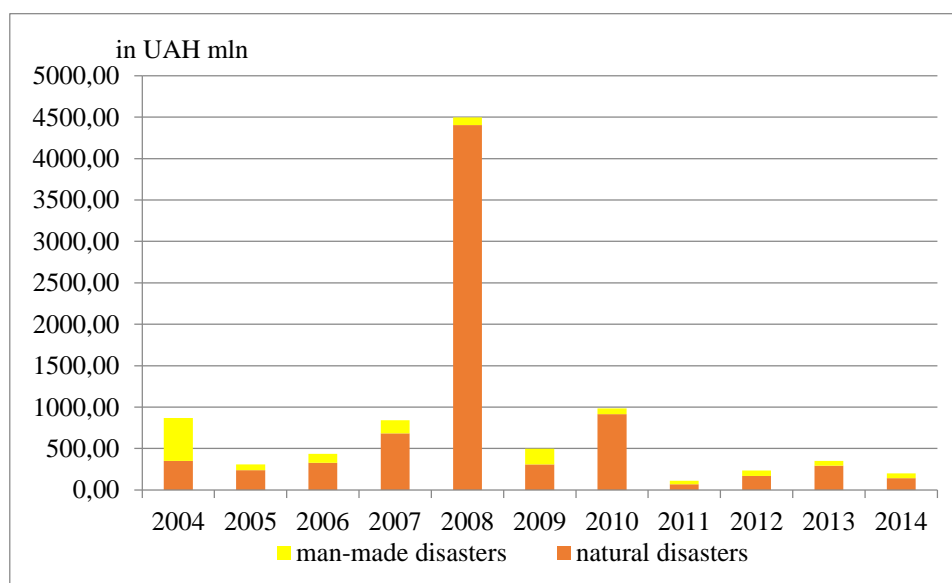


Picture 1 Economic losses from natural and man-made disasters worldwide [3]

At the same time losses from natural disasters were around USD 101 billion in 2014 originating mostly by floods, tropical cyclones and severe convective storms in Asia, North America and Europe.

Ukraine is not an exception from global trends. Today in Ukraine there are a lot of emergency situations (ES) of natural and man-made origin. These scale negative consequences of these events are becoming more dangerous for people, environment and economy.

It should also be borne in mind that due to global climate change in the list of major threats in the near future will dominate the meteorological events. The UN estimates that in the future on the most territory of Europe there will be significant increase of the frequency of flooding: from once per 100 years up to one event for 5-15 years. [4]. Regarding Ukraine may be noted that the catastrophic consequences of floods in 2001, 2008 and 2010 in the western regions of the state once again demonstrated the need for measures to reduce the risks of natural disasters of hydro meteorological origin. Attention must be drawn to the fact that economic losses resulting from natural disasters far exceed losses from man-made ones (Pic. 2).



Picture 2 Economic losses from natural and man-made disasters in Ukraine [5]

At the same time the amount of losses from natural and made-disasters in Ukraine has been fluctuating during the last 5 years from 1 billion UAH in 2010 to 190 million UAH in 2014 [5]. Such dynamics of losses from disasters in Ukraine is in line with the global trends as shown at Pic. 1.

This situation, together with the increasing vulnerability of the population because of demographic, technological and socio-economic transformations taking place in terms of the spread of urbanization, environmental degradation, and global climate change can lead to the fact that in the near future accidents and natural disasters will constitute a greater threat to the world economy, population and sustainable development.

It is now clear that more dedicated actions need to be focused on tackling the consequences of climate change and variability, unplanned and rapid urbanization, insufficient land management and compounding factors such as demographic change. In this regard special attention should be paid to addressing the lack of regulation and incentives for private disaster risk reduction investment, complex supply chains, limited availability of technology, unsustainable uses of natural resources as well as declining ecosystems. Moreover, it is necessary to continue strengthening good governance in disaster risk reduction strategies at the national, regional and global levels and improving preparedness and national coordination for disaster response, rehabilitation and reconstruction.

1. INTERNATIONAL APPROACH TO DISASTER RISK REDUCTION

Nowadays at international level widely recognized that targeted efforts to reduce the risk of natural and man-made disasters should be systematically integrated into policies, plans and programs for sustainable development and poverty reduction under conditions of enhanced regional and international cooperation in this area. UN documents on sustainable development, poverty reduction, good governance and disaster risk reduction are interdependent and related tasks, so it efficiently in the future needs to intensify efforts to create regional and national levels prerequisites to reduce this risk. Such approach has been recognized by many countries as an important component for achieving the internationally agreed objectives of sustainable development in accordance with the objectives of the Millennium Declaration [6].

The importance of coordinating the efforts of disaster risk reduction at the international, regional and national levels in recent years emphasized in a number of multilateral framework programs and declarations. Among these, the most important is "Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World. Guidelines for Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation" which was adopted in 1994 [7].

At the World Conference on disaster risk reduction (2005), representatives of the governments of 168 countries, including Ukraine, have adopted Hyogo Framework for Action (HFA) in 2005-2015: "Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters". They did it to support the establishment and strengthening of national integrated mechanisms such as multi-national platform and give priority to measures to reduce disaster risk at national and local levels [8]. The concept of "national platform for disaster risk reduction" is defined as a certain mechanism in the form of a forum or committee with stakeholders that promotes disaster risk reduction measures at different levels and provides coordination efforts, analyse information and make recommendations on priority areas that require coordinated activities [6].

Since the adoption of the Hyogo Framework for Action in 2005 the progress has been achieved in reducing disaster risk at local, national, regional and global levels, leading to a decrease in mortality in the case of some hazards [1]. International mechanisms for strategic coordination and partnership development for disaster risk reduction, such as the Global Platform for Disaster Risk Reduction and the regional platforms for disaster risk reduction, as well as other relevant international and regional forums for cooperation, have been instrumental in the development of policies and strategies and the advancement of knowledge and mutual learning.

Ten years after the adoption of the Hyogo Framework for Action, various disasters continue to destabilise efforts to achieve sustainable development. The intergovernmental negotiations on the post 2015 development agenda, financing for development, climate change and disaster risk reduction provide the international community with opportunity to enhance coherence across policies,

institutions, goals, indicators and measurement systems for implementation, while respecting the respective mandates.

As a result the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 was adopted at the Third United Nations World Conference on Disaster Risk Reduction, held on 14-18 March 2015 in Sendai, Miyagi, Japan [1]. During the Conference, States reiterated their commitment to address disaster risk reduction and the building of resilience to disasters with a renewed sense of urgency within the context of sustainable development and poverty eradication, and to integrate, as appropriate, both disaster risk reduction and the building of resilience into policies, plans, programmes and budgets at all levels and to consider both within relevant frameworks.

The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction aims to achieve the substantial reduction of disaster risk and losses in lives, livelihoods and health and in the economic, physical, social, cultural and environmental assets of persons, businesses, communities and countries over the next 15 years. Successful achievement of this outcome will be subject to the realisation of the main goal that comprises the prevention of new and reduction of existing disaster risk through the implementation of integrated and inclusive economic, structural, legal, social, health, cultural, educational, environmental, technological, political and institutional measures that prevent and reduce hazard exposure and vulnerability to disaster, increase preparedness for response and recovery, and thus strengthen resilience.

To support the assessment of global progress in achieving the outcome and goal of the Sendai Framework, the following seven global targets have been agreed [1]:

- 1) Substantially reduce global disaster mortality by 2030, aiming to lower the average per 100,000 global mortality rates in the decade 2020–2030 compared to the period 2005–2015;
- 2) Substantially reduce the number of affected people globally by 2030, aiming to lower the average global figure per 100,000 in the decade 2020–2030 compared to the period 2005–2015;
- 3) Reduce direct disaster economic loss in relation to global gross domestic product (GDP) by 2030;
- 4) Substantially reduce disaster damage to critical infrastructure and disruption of basic services, among them health and educational facilities, including through developing their resilience by 2030;
- 5) Substantially increase the number of countries with national and local disaster risk reduction strategies by 2020;
- 6) Substantially enhance international cooperation to developing countries through adequate and sustainable support to complement their national actions for implementation of the present Framework by 2030;
- 7) Substantially increase the availability of and access to multi-hazard early warning systems and disaster risk information and assessments to people by 2030.

Taking into account the expected outcome of Sendai Framework, there is a need for focused action across various sectors by States at local, national, regional and global levels in the priority areas including understanding disaster risk, strengthening disaster risk governance to manage disaster risk, investing in disaster risk reduction for resilience, enhancing disaster preparedness for effective response and recovery, rehabilitation and reconstruction activities.

Policies and practices for disaster risk management should be based on understanding of disaster risk in all its dimensions of vulnerability, capacity, exposure of persons and assets, hazard characteristics and the environment. Such knowledge can be leveraged for the purpose of pre-disaster risk assessment, for prevention and mitigation and for the development and implementation of appropriate preparedness and effective response to disasters.

Disaster risk governance at the national, regional and global levels is of great importance for an effective and efficient management of disaster risk. Clear vision, plans, competence, guidance and coordination within and across sectors, as well as participation of relevant stakeholders, are needed. Strengthening disaster risk governance for prevention, mitigation, preparedness, response, recovery and rehabilitation is therefore necessary and fosters collaboration and partnership across mechanisms and institutions for the implementation of instruments relevant to disaster risk reduction and sustainable development.

One of the priorities of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction is public and private investment in disaster risk prevention and reduction through structural and non-structural measures. They are essential to enhance the economic, social, health and cultural resilience of persons, communities, countries and their assets, as well as the environment. Such measures are cost-effective and instrumental to save lives, prevent and reduce losses and ensure effective recovery and rehabilitation.

The steady growth of disaster risk, including the increase of people and assets exposure, combined with the lessons learned from past disasters, indicates the need to further strengthen disaster preparedness for response, take action in anticipation of events, integrate disaster risk reduction in response preparedness and ensure that capacities are in place for effective response and recovery at all levels. Various disasters have already demonstrated that the recovery, rehabilitation and reconstruction phase, which needs to be prepared ahead of a disaster, is a critical opportunity to “Build Back Better”, including through integrating disaster risk reduction into development measures, making nations and communities resilient to disasters.

International cooperation for disaster risk reduction is a critical element in supporting the efforts of developing countries to reduce disaster risk. In addressing economic disparity and disparity in technological innovation and research capacity among countries, it is crucial to enhance technology transfer, involving a process of enabling and facilitating flows of skill, knowledge, know-how and technology from developed to developing countries in the implementation of the present Framework.

In this connection it is very important to enhance access of developing countries to finance, environmentally sound technology, science and inclusive innovation, as well as knowledge and information-sharing through existing mechanisms, namely bilateral, regional and multilateral collaborative arrangements, including the United Nations and other relevant bodies.

2. DISASTER RISK REDUCTION IN UKRAINE

Despite the formal involvement of Ukraine in HFA and the positive experience of national platforms in most EU and CIS countries, Ukraine has not established such a mechanism yet. As for neighbouring European countries, the national platform is already functioning in Poland, Hungary and Turkey. At the same time, the most part of European national platforms for DRR (18) has the status of public institution, and only three of them operate as NGOs [5].

However in view of the signing of the Association Agreement between the EU and Ukraine (AA) in 2014 the importance of DRR approach in Ukraine has been recognised as one of the priorities for implementation. According to the AA the rule of law, good governance, the fight against corruption, the fight against the different forms of trans-national organised crime and terrorism, the promotion of sustainable development and effective multilateralism are central to enhancing the relationship between the EU and Ukraine [9]. The Parties of the AA are committed to enhancing cooperation in the field of environmental protection and to the principles of sustainable development.

Ukraine recognises the value of international environmental governance and agreements as a response of the international community to global or regional environmental problems. The Parties reaffirm their commitment to the effective implementation in their laws and practices of the multilateral environmental agreements to which they are party. According to the AA, Ukraine shall ensure that environmental policy shall be based on the precautionary principle and on the principles that preventive action should be taken, that environmental damage should as a priority be rectified at source and that the polluter should pay. In this connection, the DRR approach is considered of great importance taking into account its orientation to the preventive of negative consequences. It is very important to cooperate in order to promote the rational utilisation of natural resources in accordance with the objective of sustainable development with a view to strengthening the links between the EU and Ukraine on environmental policies and practices.

Cooperation in the civil protection sector shall take place through the implementation of specific agreements in this field concluded between the EU and Ukraine according to the respective powers and competences of the EU and its Member States and in accordance with the legal procedures of each Party. It shall aim at facilitating mutual assistance in case of emergencies, assessment of the

environmental impact of disasters, strengthening existing cooperation on the most effective use of available civil protection capabilities.

The improved cooperation between the EU and Ukraine shall address the various objectives including the development of an overall strategy on environment, covering planned institutional reforms for ensuring implementation and enforcement of environmental legislation, division of competence for the environmental administration at national, regional and municipal levels, procedures for decision-making and the implementation of decisions, procedures for promotion of integration of environment into other policy areas [9].

In 2009 between the Ministry of Emergencies of Ukraine and United Nations Development Programme a Memorandum of Understanding on cooperation in the field of natural risk reduction and rapid recovery has been signed [10]. Thus, the government of Ukraine has received certain obligations to take measures to reduce disasters risks and reduce the impact of potential threats to social and economic welfare.

The memorandum notes that global contributions to disaster risk reduction is a prerequisite for achieving the Millennium Development Goals, particularly in sustainable development and poverty reduction, and that the question of reducing disaster risk involved in the global strategic plan of UNDP for 2008-2011. Ukraine recognizes the need to expand existing approaches to disaster response, focusing on issues of improving preparedness and risk reduction, as well as working towards the development of the Action Plan with the objectives of HFA. The document stated that the issue of risk reduction and adaptation to global climate change by reducing the impact of prevention and mitigation of threats, preventing the loss or damage because of meteorological and man-made disasters are important elements of sustainable development.

Because of the signing of the memorandum, the implementation of joint projects with the United Nations for their respective fields has planned. First, is the identification, assessment and monitoring of risk factors in the formation disasters, as well as creation of early warning of disasters of hydro meteorological origin in the Carpathian region. The direction of reducing major risk factors in the formation of natural disasters will be implementing through projects in areas vulnerable to floods high risk using bioengineering techniques and structural measures to reduce damage and losses due to accelerated erosion of riverbanks and landslides.

Obviously, the State Emergency Service should be the lead agency in Ukraine to create a national platform for DRR. The representatives of the National Security and Defence Council of Ukraine, the National Institute for Strategic Studies, the State Agency of forest resources, the State Water Resources Agency, as well as specialists in the regions of Ukraine that are most affected by natural disasters and man-made ones must be involved in this mechanism. The participation of international organizations including UN, the EU, and Red Cross Society of Ukraine are also very important.

After its creation, the national platform will coordinate the efforts in the field of disaster risk reduction, and mobilize the resources of private companies and international organizations. Generally, this will allow effectively allocate all of the available resources for protection and concentrate efforts in terms of time limits in accidents of various origin.

International experience shows that creation of a national platform for DRR in Ukraine will have a number of benefits. Among them are the positive image of the country through the observance of obligations under HFA to ensure coordination of efforts to reduce the risks of disasters, resource mobilization of private companies and international organizations, exchange of experience with experts in the field of disaster risk reduction from around the world. Effective functioning of the national platform in Ukraine in cooperation with the UN in this area will help to reduce the risk of disasters of different origin, reduce losses and expenses from them, which significantly increase the level of protection of the population and the environment.

CONCLUSION

The importance of urgent implementation of disaster risk reduction approach into the public policy in Ukraine is supported by the fact that the country's environment monitoring system does not capable to provide adequate data to support systematic research of changes in the nature of the main sources of threats to national security and therefore needs radical improvement.

The legal framework in the country does not fully take into account the positive foreign experience as well as the main provisions of international instruments in the field of disaster risk reduction and means to minimize their negative effects. Today in Ukraine there are underused opportunities of international cooperation and international agreements in environmental protection due to low implementation of the provisions of these instruments into national legislation.

Risk reduction requires addressing various existing and future challenges by focusing on monitoring, assessing and understanding disaster risk, strengthening disaster risk governance and coordination across relevant institutions and sectors. There is also very important to provide full participation of relevant stakeholders at appropriate levels in the DRR process, to invest in the economic, social, health, cultural and educational resilience of persons, communities, countries and the environment through technology and research, enhancing multi-hazard early warning systems, preparedness, response, recovery, rehabilitation and reconstruction. In order to complement Ukraine's capacity to respond to various disasters there is a strong need to enhance international cooperation with the EU and international organizations.

Nowadays conditions require from Ukrainian authorities at all levels to enhance the scientific and technical work on disaster risk reduction and its utilization through the coordination of various networks and scientific research institutions with the support of the United Nations Office for Disaster Risk Reduction Scientific and Technical Advisory Group, in order to strengthen the evidence-base in support of the implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction.

The first priority for country is to adopt and implement national and local disaster risk reduction strategies and plans with targets, indicators and time frames with the aim of prevent the creation of risk, the reduction of existing risk and the strengthening of economic, social, health and environmental resilience. In this regard the responsible structures in Ukraine including the State Service for emergencies should carry out an assessment of technical, financial and administrative disaster risk management capacity to deal with the identified risks at the local and national levels.

Dangerous situation in the field of environmental security requires the active use of international experience in DRR, as well as joint actions for their neutralization by enhancing cooperation between Ukraine and the EU including relevant international organizations. In this regard, the implementation of disaster risk reduction approach in Ukraine in cooperation with the EU and UN will be an important step to increase the level of environmental security.

LIST OF BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

1. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030. [online]. Published 2015-03-14. [cited 2015-09-03]. Available from: <<http://www.unisdr.org>>.
2. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), “2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction”, Geneva, May 2009. [online]. Published 2015-03-14. [cited 2015-09-03]. Available from: <<http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>>.
3. Natural catastrophes and man-made disasters in 2014 [online]. Published 2015-07-19. [cited 2015-09-03]. Available from: <<http://www.munichre.com>>.
4. The Role of Hydrometeorological Services in Disaster Risk Management. Proceedings from the joint workshop co-organized by: the World Bank, the United Nations International Strategy for Disaster Reduction, and the World Meteorological Organization. Washington, D.C. – March 12, 2012.
5. National Report on the State of Technological and Natural Safety in Ukraine in 2013. [online]. Published 2014-02-23. [cited 2014-09-14]. Available from: <http://mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html>.
6. United Nations Millennium Declaration. Resolution adopted by the General Assembly. – UN, 2000 [online]. Published 2000-03-21. [cited 2014-08-14]. Available from: <<http://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.htm>>.
7. International Decade for Natural Disasters Reduction. Yokohama Strategy and Plan of Action for a safer world. In: World conference on natural disaster reduction, Yokohama, Japan, 1994.

8. UNISDR (United Nations, International Strategy for Disaster Reduction). Hyogo framework for action 2005–2015: building the resilience of nations and communities to disasters. In: World conference on disaster reduction, Kobe, Japan, January 2005.
9. Association Agreement between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part. [online]. Published 2014-03-21. [cited 2015-09-03]. Available from: <http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/eu_ukraine/association_agreement/index_en.htm>.
10. Memorandum of Understanding between the Ministry of Ukraine of Emergencies and Affairs of Population Protection from the Consequences of Chernobyl Catastrophe and the United Nations Development Programme in Ukraine on cooperation in the field of disaster risk reduction and rapid recovery. // Official bulletin of Ukraine. - 2009. - № 88. - p. 137, 2993 article, the code 48390/2009.

Sergiy IVANYUTA, Ph.D., Senior Consultant, National Institute for Strategic Studies,
7-a Pyrogova Street, Kyiv 01030, Ukraine,
ivanyuta@niss.gov.ua

С.П. Іванюта

канд. техн. наук, ст. наук. співроб., головний консультант
Національний інститут стратегічних досліджень, Україна

ЗРОСТАННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ АТО

Анотація. Досліджено стан природної та техногенної безпеки в зоні військового конфлікту на Сході України, що характеризується загостренням екологічних проблем, пов'язаних із аномальним забрудненням атмосферного повітря, земельних, водних і біотичних ресурсів. Наголошено, що пошкодження, руйнування та аварійне порушення роботи численних підприємств гірничодобувної, хімічної, енергетичної, металургійної галузей в результаті бойових дій призводить до аварійних викидів і скидів шкідливих речовин з негативними наслідками для населення і довкілля.

Визначено передумови формування ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на території АТО та загрози національній безпеці України, що формуються внаслідок військових дій.

Враховуючи наведені оцінки динамічного розвитку чинників формування ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на території АТО внаслідок військового конфлікту та погіршення соціально-економічної ситуації надано рекомендації щодо проведення комплексу захисних і стабілізаційних заходів. Запропоновано першочергові напрями діяльності Кабінету Міністрів України, Державної служби з надзвичайних ситуацій, Міністерства екології та природних ресурсів України щодо відпрацювання заходів із зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на території АТО та мінімізації їх негативних наслідків для населення і довкілля.

Ключові слова: ризики, надзвичайні ситуації, негативні наслідки, військові дії, екологічна безпека.

Військовий конфлікт на Сході України на території розвинутих гірничодобувних районів Донбасу значно загострив існуючі екологічні проблеми, пов'язані з аномальним забрудненням атмосферного повітря, земельних, водних і біотичних ресурсів. В результаті бойових дій було пошкоджено чи зруйновано численні гірничодобувні, коксохімічні та енергетичні підприємства, що призвело до зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури з масштабними негативними наслідками для населення і довкілля.

Ситуація ускладнюється не тільки через об'єктивні причини, пов'язані з бойовими діями, а і через недостатню увагу профільних міністерств і відомств до проблем аномального забруднення основних компонентів навколишнього середовища Донбасу. Нехтування цими проблемами вже у найближчому майбутньому може призвести до незворотних змін довкілля і втрати значних територій на сході України для проживання та ведення господарської діяльності.

Військовий конфлікт на території АТО відбувається в найбільшому в Європі вугледобувному районі з великою кількістю потенційно небезпечних об'єктів (ПНО). До його початку на території Донецької області було зосереджено п'яту частину промислового потенціалу нашої держави, 78 % якого припадає на екологічно небезпечні виробництва [1]. Підприємства саме цих галузей найбільш негативно впливають на довкілля.

Значну загрозу виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного походження становить наявність великої кількості затоплених і напівзатоплених шахт на території Луганської та Донецької областей, що мають постійний гідравлічний зв'язок з діючими шахтами. Незадовільний екологічний стан у вугледобувних районах, особливо у

Донбасі, посилюється також високим рівнем концентрації підприємств металургійної та хімічної промисловості, що збільшує техногенне навантаження на навколишнє середовище і формує реальні загрози для здоров'я населення.

В умовах військового конфлікту на Сході України суттєво зростає кількість територій і промислово-міських агломерацій, де негативний стан економічної ситуації в сукупності з руйнуванням будівель у гірничодобувних районах Донбасу, небезпечним забрудненням приземної атмосфери, питної води може призвести до втрати перспектив сталого розвитку, суттєвого зменшення зайнятості населення і зростання соціальної напруженості в суспільстві.

Значну загрозу для населення і довкілля становить **ризик зупинення водовідливу і вентиляції шахт** в зоні АТО, багато з яких мають гідравлічний зв'язок. В результаті некерованого затоплення шахт відбуватиметься підтоплення значних територій міст і селищ, масштабне забруднення поверхневих водозаборів шахтними водами, просідання денної поверхні з руйнуванням ПНО, міграція вибухонебезпечного метану з шахт з його виходом на територію міст і селищ.

За період проведення АТО були зафіксовані численні випадки відключення вугледобувних підприємств від електропостачання. Треба відмітити, що відключення вентиляційних систем часто призводило до позаштатних ситуацій і залпових викидів шахтних газів. Порушення електропостачання насосних станцій у системах водовідведення шахтних вод в ряді випадків призводило до повного затоплення шахт, підтоплення прилеглих територій і значного забруднення підземних вод.

За даними [3] в лютому 2016 р. російські куратори дали розпорядження керівникам шахт в "ДНР" і "ЛНР" припинити відкачку води. Очевидно, що некероване затоплення шахт призведе до масштабних негативних наслідків для населення і довкілля регіону, пов'язаних із забрудненням водних джерел і ґрунту шахтними водами, небезпечними просіданнями земної поверхні з ризиком руйнування будівель і споруд.

Беручи до уваги інформацію Державної фіскальної служби України в Луганській області [4], станом на кінець листопада 2015 р. шахтоуправління "Луганське", що є одним з найбільших підприємств вугільної галузі, повністю затоплено. На підприємстві видобуток вугілля складав 5-6 тис. тонн щодоби. Затоплено 100 кілометрів гірських виробок. Близько 5 тис. гірників, що працювали на цьому підприємстві, залишилися без роботи. Функціонування шахтоуправлінь на окупованій території з видобутком і продажем вугілля на територію України значно ускладнене через необхідність перереєстрації та оформлення дозвільних документів на вивезення упродовж 2-3 місяців.

Станом на кінець вересня 2015 р. з дев'яти шахт окупованого держпідприємства «Луганськвугілля» повноцінно не працювала жодна [5]. Видобуток вугілля в мінімальних обсягах ведеться лише на двох шахтах з дев'яти. Це «Шахта ім. XIX з'їзду КПРС» і «Никанор-Нова», з якої бойовики намагаються продавати вугілля Україні.

Луганська обласна військово-цивільна адміністрація у грудні 2015 р. попередила, що через зупинку водовідливного комплексу на шахті "Першотравнева" розлив шахтних вод може стати причиною техногенної катастрофи [5]. Так, в результаті аварії на шахті "Першотравнева" 2 грудня 2015 р. зупинився водовідливний комплекс, що призвело до початку підтоплення шахти. Через те, що ремонтні роботи не були розпочаті, шахтні води через певний час будуть перетікати на закриті шахти "Голіковській", "Батьківщина". За розрахунками гідрогеологів, вже у червні-липні 2016 р. може статися підтоплення Стахановсько-Брянківського регіону, закритих шахт Кіровської групи, а також виробок, що працюють на контрольованій території шахт "Золоте", "Карбоніт" і "Гірська" ДП "Первомайськвугілля". В результаті цього може виникнути надзвичайна ситуація техногенного характеру, оскільки шахтні води забруднюють водоносні горизонти, розмивають родючі шари ґрунту, витісняють на поверхню шахтний газ метан.

Оптимальним вирішенням цієї проблеми міг би стати ремонт водовідливного комплексу шахти "Першотравнева", однак через відсутність доступу до нього, а також коштів на проведення ремонту, закупівлю обладнання та обслуговування об'єкта Луганською ВЦА прийнято рішення розширювати існуючий водовідливний комплекс шахти "Золоте" ДП

"Первомайськвугілля". За попередніми розрахунками, для реалізації цього проекту необхідно близько 40 мільйонів грн без урахування монтажних та інших робіт.

В результаті бойових дій значно зростає **ризик забруднення водних джерел, зниження надійності водопостачання та погіршення доступу населення до питної води**. Забруднення води відбувається в результаті виникнення аварійних ситуацій на об'єктах водопостачання і через відсутність контролю роботи промислових підприємств на окупованих територіях. Особливу загрозу становлять численні хвостосховища промислових підприємств, руйнування дамб яких загрожує негативними наслідками для населення і довкілля регіону. Гострою залишається проблема забруднення поверхневих і підземних водних об'єктів.

Від бойових дій постраждали не лише поверхневі водні об'єкти, а й інженерні споруди, призначені для подачі населенню питної води. Неодноразово відбувалося руйнування та пошкодження насосних станцій, магістральних і розподільчих мереж каналу Сіверський Донець – Донбас, що забезпечує водою більшу частину Донецької області. Відновлення систем водопостачання і ліній електропередач в районах бойових дій часто проводиться з великими затримками, що призводить до значного зниження якості питної води, що подається споживачам. Зменшення водності р. Сіверський Донець значно збільшує загрозу неякісного водопостачання, а уповільнення швидкості руху води призводить до її замулювання.

16 березня 2016 р. Організація Об'єднаних Націй наголосила, що водопостачання для більш ніж 300 тис осіб, які проживають у Донецькій області та по всій "лінії розмежування", знаходиться під загрозою через евакуацію співробітників водоочисної станції "Вода Донбасу", що відбулася 13 березня у зв'язку з погіршенням ситуації з безпекою в цьому районі. Станція надавала половину всього обсягу водопровідної води, необхідної для забезпечення м. Донецьк та його околиць. Наразі відомо, що, щонайменше, 30 тис осіб, які проживають в Авдіївці, страждають від браку води. Місцеві органи влади доставляють воду до шкіл та дитячих садків на машинах, але це тимчасове рішення.

НС регіонального рівня сталася у Донецькій області 2015 р., де внаслідок знеструмлення Донецької фільтрувальної станції та пошкодження хлоропроводу припинено водопостачання споживачів м. Авдіївка. В результаті цієї НС без питного водопостачання залишилися 36,4 тис. осіб, 7 шкіл, 7 дитячих садків, 3 лікарні, 216 багатоповерхових житлових будинків, 5200 приватних будинків, на межі зупинки виробництва знаходився Авдіївський коксохімічний завод [6].

За експертними оцінками ОБСЄ та ЮНІСЕФ, близько 1,3 млн дітей і дорослих на територіях Донецької та Луганської областей, охоплених конфліктом стикнулися з серйозною кризою водопостачання у зв'язку з пошкодженими або зруйнованими лініями водогону та гострою нестачею води [7]. Така ситуація з нестачею води може призвести до негативних наслідків при виробництві харчової продукції, а також проблем ненадійного функціонування систем центрального опалення в зимовий період.

Неодноразово зафіксовано випадки подачі неочищеної технічної води через руйнування інженерних мереж. Подача води на окупованих територіях відбувається без проведення дезінфекції, оскільки використовувати активний хлор в місцях ведення бойових дій занадто небезпечно. Недостатньо очищена питна вода, що надходить споживачам, може містити патогенні віруси і бактерії, що спричиняють виникнення різного роду кишкових інфекцій.

Серед основних причин погіршення рівня водопостачання населення в зоні конфлікту на Сході України можна виділити [8]: зношеність та пошкодження водогонів через ведення бойових дій; перешкоди роботи важливих насосів через перебої в поставках електроенергії у зв'язку з обстрілами електромереж; присутність збройних угруповань, наявність мін або снарядів, що не розірвалися, а також поганий стан доріг, що не дає місцевим мешканцям можливості дістатися до криниць або отримувати воду, яку підвозять автоцистернами; проблемами доступу, через які робітники не можуть провести ремонтні роботи або отримати запасні частини, необхідні для ремонту водогонів; часті відключення водопостачання, що сприяли погіршенню ситуації.

Уже зараз, на території Донецької та Луганської областей знаходиться багато міст і селищ з пошкодженими та зруйнованими об'єктами критичної інфраструктури включаючи

водоочисні споруди, водопровідно-каналізаційні, теплоенергетичні мережі, що вже призвело і буде призводити в майбутньому до масштабного забруднення повітря, джерел питного водопостачання, ґрунту. Тому одним із пріоритетів забезпечення національної безпеки і оборони є відстеження інженерно-будівельної безпеки ПНО, удосконалення системи моніторингу та оцінки їх еколого-техногенного стану для попередження НС.

Найбільш поширеним і водночас одним з найнебезпечніших екологічних наслідків ведення бойових дій на Донбасі є забруднення навколишнього середовища в результаті влучення снарядів та аварійного порушення роботи численних підприємств гірничодобувної, хімічної, енергетичної, металургійної галузей.

За даними ДСНС, внаслідок агресії Російської Федерації проти України та діяльності незаконних збройних формувань частину території Донецької та Луганської областей загальною площею близько 7 тис. км² забруднено вибухонебезпечними предметами. Терористичними угрупованнями велись обстріли населених пунктів та мінування багатьох об'єктів тепло-, енерго-, газо-, водопостачання, соціальної інфраструктури, територій сільськогосподарського призначення, акваторій водних об'єктів. Внаслідок цих дій виникли загрози для безпеки населення та необхідність відновлення нормального режиму функціонування пошкоджених систем життєзабезпечення.

Треба відмітити, що в результаті бойових дій на території Донецької та Луганської областей було пошкоджено низку екологічно небезпечних підприємств включаючи Слов'янську, Луганську і Курахівську ТЕС, ПрАТ «Азот», Горлівський «Стирол», Ясинівський, Авдіївський, Єнакіївський коксохімічні заводи, Єнакіївський металургійний завод, Лисичанський нафтопереробний завод, Донецький казенний завод хімічних виробів.

На цих підприємствах неодноразово фіксувалися випадки руйнування виробничої інфраструктури, порушення роботи систем електро- і водопостачання, пошкодження сировини і матеріалів. НС регіонального рівня сталася 2015 р. на території польового складу ракетно-артилерійського озброєння Міністерства оборони України у м. Сватове Луганської області, де внаслідок пожежі з подальшою детонацією та розльотом уламків боєприпасів (всього на складі зберігалось близько 3 тис. 132 тонн боєприпасів), загинуло 4 та 20 осіб постраждало. За результатами обстеження будинків та інфраструктури м. Сватове та прилеглих населених пунктів пошкодження різного характеру виявлено у 581 житловому будинку та 59 багатоповерхових, 1 приватний будинок повністю зруйновано, отримали пошкодження 21 об'єкт соціальної сфери, об'єкти комунального господарства та промисловості. Орієнтовна сума завданих збитків від НС становить понад 145 млн гривень [9].

Внаслідок застосування противником звичайних засобів ураження зазнавали пошкодження та відбувалися раптові відключення систем життєзабезпечення (водо-, електро-, газо- та тепlopостачання) населених пунктів та окремих суб'єктів господарювання критичної інфраструктури включаючи хімічно небезпечні об'єкти та об'єкти підвищеної безпеки. Це не тільки погіршувало умови життєдіяльності населення, але й створювало передумови для виникнення техногенних НС.

Відбувається масштабне утворення і забруднення ґрунтів відходами промислових підприємств в зоні АТО. Дуже часто відходи складалися в численні хвостосховища, що розташовані на території цих підприємств. Внаслідок підтоплення територій, збільшення викидів шкідливих речовин, а також при масштабному розливі та згорянні паливно-мастильних матеріалів відбувається забруднення ґрунтів на значних територіях.

Відсутність належного екологічного моніторингу обумовлює неможливість проведення комплексної оцінки екологічних збитків, завданих довкіллям та населенню Донбасу в результаті військового конфлікту. Ефективне вирішення цієї проблеми перебуває у площині удосконалення і розвитку системи екологічного моніторингу з використанням сучасних технологій геоінформаційних систем, супутникових даних дистанційного зондування Землі із залученням фінансових і технічних ресурсів міжнародних організацій ЄС та ООН.

Треба відмітити, що в березні 2016 р. Європейська комісія збільшила гуманітарну допомогу Україні на 20 млн. євро для підтримки людей, які постраждали від конфлікту на сході України [10]. Приблизно 3,1 млн. людей в Україні та сусідніх країнах все ще потребують

допомоги. Разом з прямим фінансуванням, наданим країнами-членами, від початку 2014 р. ЄС спрямував на допомогу постраждалим від конфлікту в Україні понад 146 млн. євро.

Висновки

Значну загрозу виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного походження становить наявність великої кількості затоплених і напівзатоплених шахт на території Луганської та Донецької областей, що мають постійний гідравлічний зв'язок з діючими шахтами. Незадовільний екологічний стан у вугледобувних районах Донбасу посилюється через концентрацію підприємств металургійної та хімічної промисловості, що збільшує техногенне навантаження на навколишнє середовище і формує реальні загрози для здоров'я населення.

Військові дії в зоні АТО значно збільшують ризик виникнення НС через зупинку водовідливу і вентиляції вугільних шахт, багато з яких мають гідравлічний зв'язок. В результаті некерованого затоплення шахт відбувається підтоплення значних територій міст і селищ Донбасу, масштабне забруднення поверхневих водозаборів шахтними водами, просідання денної поверхні з руйнуванням потенційно небезпечних об'єктів, міграція вибухонебезпечного метану з шахт з його виходом на територію міст і селищ.

Цілеспрямоване ураження водогонів, а також завдання побічної шкоди внаслідок бойових дій негативно позначилося на функціонуванні систем водопостачання населення, що проживає на території конфлікту на Сході України. Відсутність доступу до води та її погана якість становлять реальну загрозу для здоров'я населення, санітарно-епідеміологічних умов і може призвести до перешкод виробництва та погіршення якості харчових продуктів. Також це може додатковим чинником подальшого напруження та поглиблення конфлікту у регіоні.

На території військового конфлікту істотно збільшився ризик поширення інфекційних хвороб, що передаються через воду, оскільки населення не має можливості безпечно зберігати або транспортувати достатню кількість води. Також існує загроза погіршення якості водопровідної води через неможливість підтримання регулярного постачання хлору та інших реагентів, необхідних на водоочисних установках, що створює підвищений ризик вторинного зараження.

Пошкодження, руйнування та аварійне порушення роботи численних підприємств гірничодобувної, хімічної, енергетичної, металургійної галузей в результаті бойових дій призводить до аварійних викидів і скидів шкідливих речовин.

Незважаючи на зростання ризиків виникнення НС на території проведення АТО, питання екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності населення та об'єктів господарювання в умовах НС різного походження, пов'язаних із наслідками воєнно-політичного конфлікту на Сході держави, не стали пріоритетним напрямком державної політики під час розгляду питань забезпечення національної безпеки України.

Враховуючи зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на території АТО та загрози подальшої деградації екологічного стану Донбасу внаслідок військового конфлікту уявляється доцільним рекомендувати:

Раді національної безпеки і оборони України:

- розглянути питання підготовки і проведення окремого засідання щодо підвищення ефективності реалізації заходів екологічної безпеки та цивільного захисту в умовах проведення АТО та прийняття відповідних рішень щодо подальшого розвитку та удосконалення діяльності системи цивільного захисту з урахуванням актуальних воєнно-політичних викликів, яким протистоїть Україна;

- проаналізувати можливість включення питань, пов'язаних із запобіганням надзвичайним ситуаціям різного походження, забезпеченням екологічної безпеки на території АТО в переговорний процес тресторонньої контактної групи в м. Мінськ;

Кабінету Міністрів України, Міністерству екології та природних ресурсів України, Державній службі з надзвичайних ситуацій України:

- звернутися до міжнародних організацій ООН, ОБСЄ для проведення екологічного моніторингу Донбасу, визначення першочергових заходів із відновлення об'єктів критичної

інфраструктури та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із військовими діями;

- спільно з ОБСЄ вжити заходів щодо виключення чи зменшення впливу військових дій на функціонування систем водовідливу та вентиляції шахт з метою попередження катастрофічних порушень в роботі критичних систем життєзабезпечення населення Донбасу та руйнівних деформацій житлових і промислових будівель внаслідок некерованого підтоплення та затоплення територій;

- спільно з ОБСЄ вжити заходів щодо забезпечення безперешкодного допуску персоналу для підтримки функціонування та обслуговування важливих об'єктів критичної інфраструктури, в першу чергу об'єктів водопостачання та водовідведення;

- забезпечити відновлення функціонування Урядової інформаційно-аналітичної системи з надзвичайних ситуацій і провести на цій основі удосконалення системи раннього виявлення і попередження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру;

Міністерству екології та природних ресурсів України, Державній службі з надзвичайних ситуацій України:

- створити робочу групу для проведення аналізу стану промислових об'єктів підвищеної небезпеки на території АТО, проведення оцінки порушених в результаті військових дій екосистем об'єктів природно-заповідного фонду та надати пропозиції щодо їх відновлення;

- спільно з Обласними військово-цивільними адміністраціями провести санітарно-гігієнічний аналіз джерел водопостачання і стану водопровідно-каналізаційних мереж для визначення можливості їх безпечного використання в населених пунктах, постраждалих внаслідок військових дій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення [Текст]: монографія / С.О. Довгий [та ін.]; Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору НАНУ. – К. : Наук. думка, 2007. – 328 с.

2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2014 р.

3. Российские кураторы приказали затопить шахты в “ДНР” и “ЛНР”. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://informator.lg.ua/archives/143135>

4. Шахтоуправление «Луганское» полностью затоплено. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://informator.lg.ua/archives/131984>

5. На территории “ЛНР” постепенно закрываются шахты “Луганскугля”. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://informator.lg.ua/archives/121936>

6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mns.gov.ua/content/annual_report_2014.html

7. Up to 1.3 million people in eastern Ukraine have little or no access to water: UNICEF. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.unicef.org/ukraine/media_28059.html.

8. Access to water in conflict-affected areas of Donetsk and Luhansk regions. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.osce.org/ukraine-smm/183151?download=true>

9. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися впродовж 2015 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/8638.html>

10. EU steps up humanitarian assistance for Ukraine by €20 million (17/03/2016). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/press_corner/all_news/news/2016/2016_03_17_en.htm

CYBERTERRORISM AND CYBERWAR AS NEW THREATS TO THE SECURITY OF THE STATE

RASTISLAV KAZANSKÝ² - MICHAELA MELKOVÁ³

ABSTRACT

Technological development caused that cyberspace is constantly expanding and becoming a part of everyday life. State security is also affected by the cyber domain, which creates a space for emergence of new threats. There is a likelihood that conflicts between states will in the future take place just in cyberspace. The paper is devoted to the definition of cyberterrorism and cyberwar as new threats to the security of the states and offers an analysis of a few examples. It also focuses on the views of other experts, because their opinions about the issue of war and terrorism in the cyber sphere differs.

Introduction

Currently, there are many factors that affect the security of states and other actors in the international system. Nowadays can be as one of the greatest threats considered act of terrorism and outbreak of war. The existence of cyberspace has also affected the contemporary understanding of security, because it expanded options how to endangerment safety and the very existence of states. Cyber sphere is characterized by a great number of actors who operate within it and who have advantageous position resulting from their anonymity.

Globalization, decentralization processes and technological development caused that the power of the state is gradually dispersing. Likelihood of cyberspace dominance of one power is however relatively low and comparable to the national efforts for control over sea, air space and the universe. Although states have due to cyber tools and operations in the cyber sphere more information, and can perform more efficient management, on the other hand, they become more vulnerable. The most important factor in cyber sphere is the dominance of attack over defence. Favourable position of powers in the international system and the capacitive superiority over other actors in the cyber sphere has no important meaning. On the contrary, high technological and digital dependence of military, commercial and economic activities creates new vulnerabilities that can be exploited by different actors, and therefore is cyber domain becoming one of the main sources of security uncertainties.

September 11 attacks, 2001 represented a turning point because it drew attention to new players and unconventional threats that the international community will have to face. Above mentioned facts may indicate that cyberspace could be a battleground of the future and terrorists' activities will be implemented primarily within the cyber domain. However, there are many views that contradicts to these arguments. Therefore our paper focuses on fundamental characteristics of cyberwar and cyberterrorism and we will also try to predict the future state of the security system, which will be influenced by possibility of their existence.

1 Cyberterrorism

The goal of terrorism is to create panic among the people, and it is focusing on the most sensitive points of government and corporate systems, where such an attack could cause maximum damage. Classic attack objective of terrorist groups are a critical elements of states such as banks, police systems, energy systems or telecommunications. The idea that in the future could be

² Rastislav Kazanský, doc. PhDr., PhD., Katedra bezpečnostných štúdií, Fakulta politických vied a medzinárodných vzťahov, Kuzmányho 1, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, rastislav.kazansky@umb.sk

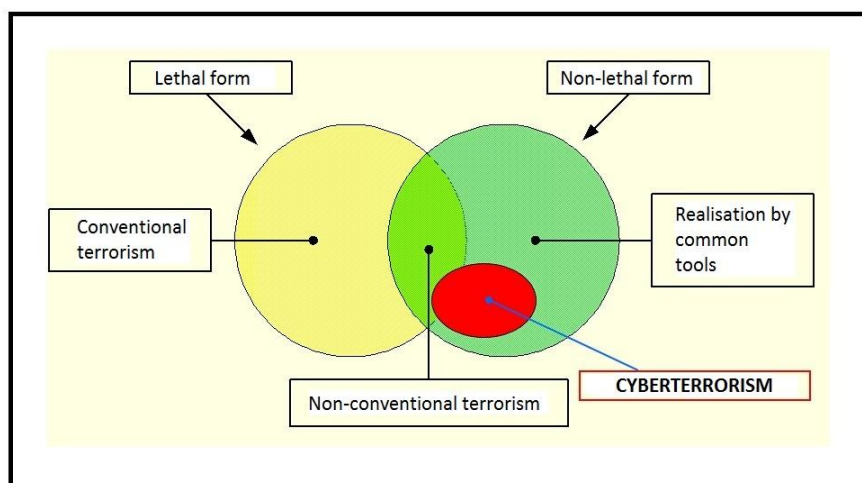
³ Michaela Melková, Mgr., Katedra bezpečnostných štúdií, Fakulta politických vied a medzinárodných vzťahov, Kuzmányho 1, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, michaela.melkova@umb.sk

cyberterrorists able to physically threaten critical infrastructure of state just by activities in cyberspace is quite alarming. The Monterey group defined three levels of cyberterror capability (Nelson et al., 1999):

- Simple-Unstructured: The capability to conduct basic hacks against individual systems using tools created by someone else. The organization possesses little target analysis, command and control, or learning capability.
- Advanced-Structured: The capability to conduct more sophisticated attacks against multiple systems or networks and possibly, to modify or create basic hacking tools. The organization possesses an elementary target analysis, command and control, and learning capability.
- Complex-Coordinated: The capability for a coordinated attacks capable of causing mass-disruption against integrated, heterogeneous defences (including cryptography). Ability to create sophisticated hacking tools. Highly capable target analysis, command and control, and organization learning capability.

Existence of cyberspace therefore creates a risk of the most serious threat, namely cyberterrorism. V. Jirovský considers cyberterrorism to be a non-lethal form of terrorism (Picture no. 1), but a secondary consequence of a cyber attack can be a physical destruction of object or system (Jirovský, 2006). The cyberterrorism according D.E. Denning “refers to the convergence of cyberspace and terrorism. It covers politically motivated hacking operations intended to cause grave harm such as loss of life or severe economic damage. An example would be penetrating an air traffic control system and causing two planes to collide“(Denning, 2001, p. 2).

Picture no. 1: Graphical inclusion of cyberterrorism to the set of terrorism



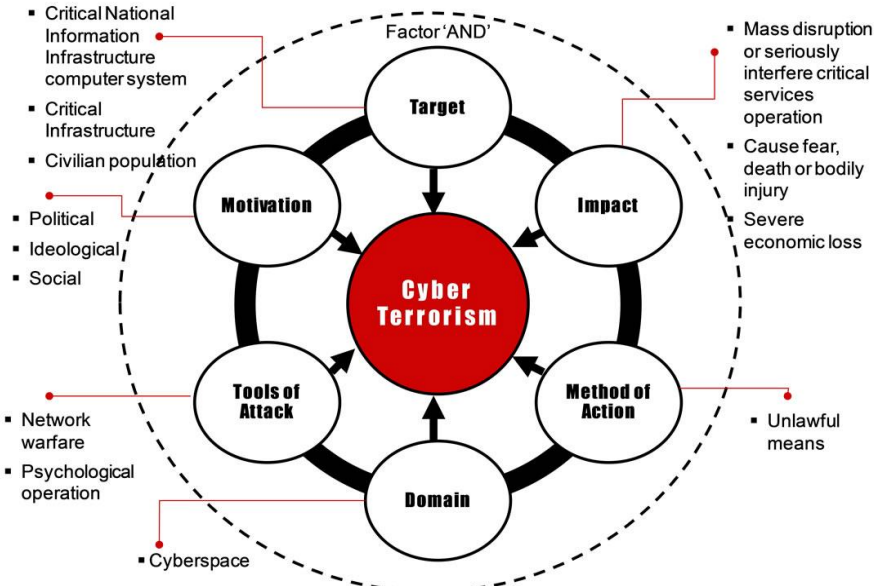
Source: JÍROVSKÝ, V. 2006. Kyberterorismus. ICTforum/PERSONALIS 2006. Praha.

It is important to note that if a cyber attack is to be considered as an act of cyberterrorism, it must constitute cyber-violence directed against individuals or society. To complete the definition of cyberterrorism we decided to involve proposed conceptual framework that describes the components of cyber terrorism, which formed the basis of study by Ahmad R. et al. (Picture no. 2). Cyber domain affects all its components and therefore it is necessary for states to adapt their protection and security to new technological development. Terrorist groups such as al Qaeda prove that their practices are able to innovate and exploit technological tools for their own goals.

But how big a threat is cyberterrorism? Actors in the international system are becoming more dependent on technology and energy resources, thereby is proportionally increasing their susceptibility to threats. Potential threat to critical infrastructure could result in a threat to the overall stability of the developed countries and even to the wider geographical region. Potential attacks aimed precisely at this target embodies a relatively high risk to the very existence of the state. Although hackers are not motivated by the same objectives as the terrorists, their activities have so far confirmed that they are able to gain access to sensitive information. If terrorist groups would chose the same procedure, they could be able to hack into government and private computer systems and jeopardize or hinder the functioning of finance and the military sectors of developed world economies (Weimann, 2004).

According to A.M. Colarik, nowadays we can see the existence of cyber terrorists. The Osama bin Laden Crew, founded in 2000 by a member of Al Queda - Abdullah Quaraischi, are calling themselves cyber jihadists. Their activity was focused mainly on creating websites that offer procedures for the creation of weapons, explosives and last but not least it is the place for recruitment and propaganda (Colarik, 2006). As we can see, the activities of terrorists are mainly focusing on the acquisition and spreading of information, ideas and recruitment of new members. Also the vast majority of instruments used in previous cyber attacks were focused on spying. But there is one exception and that is the Stuxnet sabotage operations, which directly contributed to the suspension of the launch of the Iranian nuclear power plant and its impacts were physically observable as it affected the functioning of centrifuges used for uranium enrichment.

Picture no. 2: Proposed conceptual framework that describes the components of cyber terrorism



Source: Ahmad et al. 2012.

The big threat is fact that cyber terrorists could be able to acquire skills and they will be able from a safe place initiate a cyber attack with physical consequences. Most of the concerns stems from the existence of SCADA systems that control and manage utility equipment such as water and power distribution systems. „The loss of state wide power grids, the contamination or disruption of water distribution, or the deliberate opening of a dam’s flood waters are but additional targets that have been penetrated in the past, and may in the future be employed by cyber terrorists to cause harm. The fact that there have been a multitude of proposals to electronically connect these systems on a national scale only creates the potential for additional widespread havoc“(Colarik, 2006, s. 52).

The international system has not yet witnessed a true act of cyberterrorism and even experts are thus divided into two opposing groups. The first group argues that *"there is no such thing as cyberterrorism - no instance of anyone ever having been killed by a terrorist (or anyone else) using a computer. Nor is there compelling evidence that al Qaeda or any other terrorist organization has resorted to computers for any sort of serious destructive activity"* (Green, 2002 p. 1). Greater emphasis is placed more on the possibilities of Internet and ICT networks as a tool for recruitment, mobilization, information exchange and coordination of terrorist acts. The second group of experts, however, believes that the initiation of acts of cyberterrorism is only a matter of time, and therefore the international community should cooperate to establish an appropriate means to prevent it and fight with it (Świątkowska, 2012).

2 Cyber war

As a result of the intensification of technological innovation process, also a conventional concept of war has undergone an evolution and we can nowadays talk about a hybrid war or cyberwar. Under current conditions, it is already difficult to imagine mutual confrontation, which does not include elements of information technology. Cyberwar involves two basic dimensions. The first is external level in which actors try to influence or change the will of opponents, while internal dimension refers to the management of the fight itself (its termination or avoidance of a possible escalation into physical violence). States, however, cannot set as one of cyberwar objectives to disarm or destroy the enemy and also because of the absence of physical combat, they cannot occupy a territory or overthrow hostile governments and substitute them. Since there is no possibility of disarmament of cyber attackers - or in our understanding - cyber soldiers, such wars take their course under the phrase "who lasts longest" (Libicki, 2009).

The cyber war opposition blocks are not formed by hackers in the classic sense, but it consists of an organized group of people forming a small virtual army located anywhere in the world. In a traditional war, the state has a time to mobilize their own forces as long as they see that their neighbour country has moved its military forces to the frontier. In the case of cyberwar it is impossible to accurately determine the position of the person participating in the war and attacked state does not know about the attack until its executed (Hrůza, 2012). In some cases are cyber attacks using malware or worms executed in secret and the user doesn't have slightest idea about any intrusion into their computers. Therefore, even in terms of the time horizon it is not easy to determine exactly how long has been the attack taking place and how much sensitive data has an attacker managed to get during an attack.

As in the case of cyberterrorism, experts have also opposite views on the issue of cyberwar. For example, T. Rid has sceptical opinion and claims that *"cyberwar has never happened in the past, it is not occurring in the present, and it is highly unlikely that it will disturb the future"* (Rid, 2013, p. 1). To this day, no state has declared cyberwar against another state, even if they have already been targets of cyber attacks. However, we can claim that we have already witnessed some form of cyberwar and we can demonstrate it on following examples:

- Russian-Estonian incident in 2007 - a series of cyber attacks that targeted websites of Estonian organizations such as parliament, banks, ministries, newspapers and broadcasters. It was result of the country's disagreement with Russia about the relocation of the Bronze Soldier of Tallinn;
- series of cyber attacks taking place in parallel with the physical conflict - Russo-Georgian War;

- series of cyber attacks initiated by several actors of the world system (eg. USA, Israel) targeting critical infrastructure of Iran, because of its nuclear program creation and subsequent retaliatory Iranian cyber attacks.

Picture no. 3: Overview of mentioned cyber incidents



Source: Giles, 2010.

The aforementioned examples can be considered as cases of cyberwar, because it represents opposite attacks of two or more parties. However, it is necessary to point out that the elements which defines the physical war cannot be fully applied to the cyber domain, and it will be necessary to define the characteristics of a new type of war that can be applied within the cyber realm. In the case of a physical wars, opposition parties can be always clearly defined, but in the case of cyberwar it is difficult to precisely identify initiators of cyber attacks. However, conclusion can be drawn according to mutual interstate relations and political state of the world system. According them can be defined reasons and intentions behind cyber attacks and identify possible participants of cyber war.

Conclusion

Cyber attacks can be used as tool of cyberterrorism and cyberwar but they are nowadays mostly oriented on sabotage and espionage. Computer controlled operations enable illegal acquisition of data without bringing people in danger, thus reducing the level of personal and political risks. Despite fact that the majority number of cyber attacks are so far only for espionage purposes, technological development is so fast, that there is a likelihood of improvement cyber tactics which could then target for example power plants, whose failure or even destruction can have fatal physical consequences. But one cyber attack with physical impact had already been carried out and it was so called operation Stuxnet.

Finally, we can define some differences between conventional war and terrorism and their cyber forms:

- Proliferation in cyber sphere is considerably easier in terms of financial costs;

- Advantage of the first attack in the cyber realm is incomparably greater than in the physical world;
- In the cyber domain we cannot talk about effective intimidation because attackers act in many cases anonymously;
- International Law enforcement (reprisals, punishment) is due to anonymity in cyberspace also greatly reduced.

On the basis of abovementioned facts we could say that cyberterrorism and cyber warfare will be in future a real threat to national and international security. International actors are already aware of this fact and they are increasingly investing in cyber capabilities and protection.

BIBLIOGRAPHY:

AHMAD, R. et al. 2012. *Perception on Cyber Terrorism: A Focus Group Discussion Approach*. [online]. Journal of Information Security, 2012, 3, p 231-237. Available online: <http://file.scirp.org/pdf/JIS20120300008_13693779.pdf>.

COLARIK, A.M. 2006. *Cyber Terrorism: Political and Economic Implications*. Idea Group Publishing. Hershey PA. 2006. ISBN13: 9781599040219. 172 p.

DENNING, D. E. 2001. *Activism, Hacktivism, and Cyberterrorism: The Internet as a Tool for Influencing Foreign Policy*. Georgetown University [online]. 2001. Available online: <<http://faculty.nps.edu/dedennin/publications/Activism-Hacktivism-Cyberterrorism.pdf>>.

GILES, J. 2010. Are states unleashing the dogs of cyber war? [online]. *In New Scientist*. Magazine issue 2791, published 18 December 2010. Available online: <<https://www.newscientist.com/article/mg20827915-100-are-states-unleashing-the-dogs-of-cyber-war/>>.

GREEN, J. 2002. The Myth of Cyberterrorism. In *Washington Monthly*. [online]. 2002. Available online: <<http://www.washingtonmonthly.com/features/2001/0211.green.html>>.

HRŮZA, P. 2012. *Kybernetická bezpečnost'*. Univerzita obrany. DUKASE, s.r.o: Brno. 90 s. ISBN 970-80-7231-914-5.

JÍROVSKÝ, V. 2006. *Kyberterrorismus*. Presentation at conference. ICT fórum/PERSONALIS 2006. Praha.

LIBICKI, M. C. 2009. *Cyberdeterrence and Cyberwar*. RAND Corporation: Pittsburgh. [online]. Available online: <http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND_MG877.pdf>.

NELSON, B. et al. 1999. *Cyberterror Prospects and Implications*. [online]. White Paper. Center for the Study of Terrorism and Irregular Warfare, Monterey, CA. Available online: <<http://www.nps.edu/academics/centers/ctiw/files/Cyberterror%20Prospects%20and%20Implications.pdf>>.

RID, T. 2013. Cyber war and Peace. In *Foreign Affairs*. [online]. 2013. Available at: <<http://www.foreignaffairs.com/articles/140160/thomas-rid/cyberwar-and-peace>>.

ŚWIĄTKOWSKA, J. 2012. *Cyberthreats as a Challenge to the Security of the Contemporary World*. In V4 Cooperation in Ensuring Cyber Security – Analysis and Recommendations. The Kosciuszko Institute. Krakow. ISBN: 978-83-93-10-93-6-4. 13-20 p. Available online: <http://pasos.org/wp-content/uploads/2012/08/kosciuszko_institute_v4_cybersec_062012.pdf>.

WEIMANN, G. 2004. *Cyberterrorism: How Real is the Threat?* Special Report: United States Institute of Peace. [online]. 2004. Available online: <<http://www.usip.org/publications/cyberterrorism-how-real-the-threat>>.

SOCIÁLNA PODPORA RODÍN VOJENSKÉHO PROFESIONÁLA – MOŽNOSTI HARMONIZÁCIE PRÁCE A RODINY

PhDr. Mária Martinská, PhD.⁴

Abstrakt:

Súčasný trendy v organizačnej kultúre si vyžadujú pretvárať aj vojenskú organizáciu na modernú genderovo integrovanú organizáciu. Zameriavať sa na zisťovanie stavu sociálnych a pracovných podmienok, pracovnej spokojnosti mužov a žien v ozbrojených silách, na harmonizáciu pracovných a rodinných povinností, zavádzanie flexibilných foriem práce a komplexnej starostlivosti o profesionálnych vojakov a zamestnancov ozbrojených síl a ich rodinných príslušníkov.

Kľúčové slová: Pohlavie. Gender. Rodová deľba práce. Genderovo-integrovaná organizácia. Vojenská organizácia a inštitúcia.

Abstract:

Modern trends in culture of a corporate organization demand transformation of a military organization into genders integrated organization. It means to concentrate on identifying social and work conditions, work satisfaction of men and women in armed forces, harmonizing work and family duties, implementing flexible forms of work and a complex care of professional soldiers and employees of armed forces and their family members.

Key words: Sex. Gender. Patronymics division of labors. Genders integrated organization. Military organization and institution.

Úvod

Zvyšovanie bezpečnostných rizík v rôznych oblastiach sveta, globalizačné a antiglobalizačné procesy, legálnu i nelegálnu migráciu chápeme ako komplex protichodných (pozitívnych aj negatívnych) sociálnych javov, ktorý vytvára čoraz zložitejšie podmienky pre zaisťovanie sociálnych istôt, solidarity, subsidiarity, každodennej bezpečnosti. Chápanie ľudskej a individuálnej bezpečnosti⁵ sa odlišuje od chápania bezpečnosti v rámci bezpečnostných či strategických štúdií a kladie dôraz najmä na každodenný ľudský život a jeho dôstojnosť.

Dve základné dimenzie ľudskej bezpečnosti predstavujú *sloboda od nebezpečenstiev (ochrana)* a *sloboda od nedostatku (rozvoj)*. Za podmienky dobrého života v kontexte ľudskej bezpečnosti sa považujú najmä tie, ktoré súvisia s odstránením chudoby, starostlivosťou o zdravie, primeraným vzdelávaním, dodržiavaním ľudských práv a možnosťami politickej participácie.⁶

Významné podnety v súčasnosti prináša aj Lisabonská stratégia a najnovšia generácia ľudských práv, ktorá obsahuje výzvy na primeranú spotrebu, toleranciu a rovnomerné zvyšovanie kvality života a tiež možnosti sebarealizácie jednotlivcov a spoločností s dôrazom na zvyšujúcu potrebu harmonizovať rodinný a osobný život a pracovnú kariéru mužov a žien.

1 Premeny rodiny v súčasnosti

Muži a ženy vstupujú do spoločensky, historicky, kultúrne sformovaných stereotypov, čím dochádza k ich segregácii (vertikálnej a horizontálnej) v spoločnosti a v povolani. Môžeme konštatovať, že hodnotové systémy súčasnej spoločnosti ovplyvňuje zvyšujúca sa potreba uznania rovnosti práv žien a mužov, ich rovnocenná spolupráca a participácia vo všetkých oblastiach spoločenského života, docenenie rodičovskej role mužov aj žien a tiež možnosť rovnocenne

⁴ MARTINSKÁ Mária, PhDr., PhD. odborná asistentka, Katedra spoločenských vied a jazykov, AOS, Lipt. Mikuláš, maria.martinska@aos.sk

⁵ Pozri práce: HOFREITER, L.: *Securotológia*. Lipt. Mikuláš: AOS gen. M. R. Štefánika. 2006. s. 50. ISBN 80-8040-310-4 a ISBN 978-80-8040-310-2 a KORZENIOWSKI, L. F.: *Podstawy nauk o bezpieczeństwie*. Warszawa: Difin. 2012. s. 99–142. ISBN 978-83-7641-518-5

⁶ Pozri: ZAPLATINSKI, V. M. – MATIS, J.: *Bezopasnosť v eru globalizaci*. Kyjev: Centr učobovoj literatury. 2010. 142 s. ISBN 978-611-01-0146-2.

spolupracovať na zabezpečení bezpečnosti a mieru. Tradičné *dichotómie maskulinity a feminity*⁷ sú postupne narušované a nútia stále viac žien vstupovať do tradične mužských oblastí, najmä výroby a migrácie, ale aj polície, vojenstva a zaistenia bezpečnosti. Oblasť harmonizácie práce a rodiny je tiež súčasťou podnikovej podpory vzdelávania, profesijného a kariérneho rozvoja zamestnancov a bezprostredne súvisí s podporou princípov rodovej rovnosti, nediskriminácie a rovnosti príležitostí. Explicitne sa uvádza ako súčasť európskych i národných rodových politík⁸, teda politík na podporu antidiskriminácie a rovných príležitostí, politík zamestnanosti a boja proti chudobe a sociálnemu vylúčeniu, sociálnych politík, rodinných politík a politík štátu alebo zamestnávateľských organizácií (politiky riadenia ľudských zdrojov alebo aj politiky spoločensky zodpovedného podnikania firiem a organizácií). Ale ani v jednej z týchto oblastí nie je možné zabúdať na problematiku súbehu osobného, rodinného a pracovného života zamestnancov. Ide o otázku dotýkajúcu sa aktérov na všetkých úrovniach – štátnej, regionálnej, lokálnej, miestnej, podnikovej - vo sfére verejnej i v súkromnej.

V súčasnej spoločnosti sa ako stále naliehavejší ukazuje problém finančnej udržateľnosti sociálnych systémov, ktorý garantuje sociálne občianstvo a určitú životnú úroveň všetkým občanom. Jedným z dôležitých prvkov tohto problému je otázka balancovania rodinného života a pracovnej kariéry, v ktorej kľúčovú úlohu hrá postavenie žien a mužov v modernej spoločnosti, v rodine ale tiež na trhu práce. Viaceré súčasné výskumy z oblasti manažmentu a z hľadiska rozdielov ženských a mužských kariér a stratégií v súčasnosti potvrdzujú, že v sociálnej konštrukcii manažmentu sú manažérske kompetencie späté s kvalitami spájanými s mužmi. Zapojenie žien do pracovného trhu je však dôležité z viacerých dôvodov.

Prvým je snaha o emancipáciu žien, ktorá zasahuje i do sféry trhu práce, tak významnej pre identitu jedinca v modernej spoločnosti. Ženy tak rozširujú svoju občiansku a politickú nezávislosť o nezávislosť ekonomickú a o emancipáciu na trhu práce.

Druhým dôvodom je že dvojpríjmové rodiny vykazujú oveľa väčšiu sociálnu istotu a menšie riziko chudoby a sociálnej deprivácie.

Tretím dôvodom je finančná udržateľnosť sociálnych systémov. Ženy sú totiž rovnako ako muži prirodzeným rezervoárom pracovnej sily, ktorý môže byť aktivovaný v súvislosti s procesom starnutia populácie a nepriaznivo sa vyvíjajúceho pomeru ekonomicky aktívneho obyvateľstva a osôb v postproduktívnom veku. Zapojením žien do pracovného trhu sa tiež zvýši ich zainteresovanosť na platbách a príspevkoch do systému sociálnych opatrení a zníži sa tlak na štátny rozpočet.⁹

Súčasná rodina a jej premeny a to čím je charakteristická, vyplýva z pôsobenia vonkajších sociálnych faktorov v priebehu času, ktoré sa podieľali na zmenách v nej. Zmena rodiny sa viac dotýka muža ako ženy, pretože žena sa stáva postupne ekonomicky nezávislou a tým sa cíti slobodnejšou v rozhodovaní o sebe a o tom, akým spôsobom života bude žiť, stále však nie je docenená materská rola.

"Materské povinnosti žien sú zároveň dôvodom uprednostňovania mužov na trhu práce, pričom toto znevýhodnenie je pociťované nielen ženami, ale v podobnej miere aj mužmi. To zrejme súvisí s nízkou flexibilitou trhu práce, ktorý sa prejavuje aj tým, že málo zamestnávateľov vytvára osobitné podmienky matkám malých detí. Nezriedka sa ženy stretávajú s diskriminačnými praktikami, ako sú pri výberových konaniach do zamestnania napríklad otázky na počet detí, ich vek či chorobnosť, nátlak zo strany zamestnávateľa, aby sa zamestnankyňa matka predčasne vrátila do práce po materskej dovolenke alebo aby dala výpoveď, prípadne takúto ženu čaká preradenie na

⁷ KVAPILOVÁ, E. – PORUBENOVÁ, S.: *Nerovné cesty k rovnosti: Pohľady na ľudské a občianske práva žien na Slovensku*. Bratislava: Medzinárodné stredisko pre štúdium rodiny. 2001. 115 s.

⁸ Východiskom sú medzinárodné zmluvy, charty a smernice (napr. *Rímska zmluva z r. 1957, Amsterdamská zmluva z r. 1997, Článok 21 Charty základných práv EÚ, Smernica Rady 2000/43/ES, Smernica Rady 2000/78/ES*), stratégie, programy a odporúčania, na základe ktorých sa vytvárajú legislatívne predpoklady a realizujú konkrétne akcie v celej EÚ a v jednotlivých krajinách (*Sociálna agenda 2005-2010, Lisabonská stratégia*) a i.

⁹ KVAPILOVÁ, E. – PORUBENOVÁ, S.: *Nerovné cesty k rovnosti: Pohľady na ľudské a občianske práva žien na Slovensku*. Bratislava: Medzinárodné stredisko pre štúdium rodiny. 2001. 115 s.

nižšie platené miesto či iné formy nátlaku," dopĺňa Kotvanová¹⁰. Pritom platí, že s nástupom na pôvodné miesto majú väčšie problémy ženy s väčším počtom detí, ako aj rozvedené alebo slobodné matky. Rodina má smerovanie od extrémne patriarchálnej až k bezmužskej rodine, kde muž chýba reálne alebo formálne. Dokonca možno hovoriť o *anomickej rodine*, v ktorej výrazne poklesla predovšetkým jej funkcia v oblasti sociálnej kontroly, a teda sa mení aj jej socializačná funkcia.¹¹

Zaujímavú myšlienku však vzhľadom k téme nášho článku v tejto súvislosti uvádza Marta Kolárová keď konštatuje, že *procesy emancipačné majú zároveň negatívny dopad „...platené zamestnanie žien nevedie automaticky k spoločenskému posilneniu žien alebo genderovej rovnosti, ale súvisí skôr s oslabenou rolou muža v rodine. Aj keď ženy pracujú, môže to spôsobiť krízu v rodine a niekedy aj násilné reakcie mužov. Tieto sa môžu na širšej úrovni prejavovať v nacionalistických či fundamentalistických reakciách mužov, ktorí sa snažia získať späť svoju dominantnú pozíciu...“*¹²

Východiskom z takýchto zložitých situácií sa častokrát stáva partnerské násilie, násilie v rodine voči seniorom a deťom, násilné prejavy na verejnosti, pracovisku, na športoviskách¹³, deviantné správanie, extrémizmus, kriminalita,¹⁴ ale aj samodeštrukčné depresie, ktoré môžu viesť neraz až k samovraždám.

J. Gabura¹⁵ okrem – *emancipácie*, ktorá – je chápaná ako legitímne úsilie po rovnosti oboch pohlaví v oblasti ekonomickej, legislatívnej a pod. konkretizuje bližšie niektoré zo sociálnych faktorov, ktoré pôsobili a pôsobia na rodinu a ovplyvňujú jej stabilitu.

Je to predovšetkým:

- *migrácia obyvateľstva* – v minulosti väčšina ľudí zostávala žiť v priestore svojho rodiska, partneri sa tak poznali často už od detstva, čo znamenalo vedieť o vzájomnom správaní, rodinnom pozadí, očakávania od manželstva a partnera boli bližšie skutočnosti. Industrializácia a s ňou súvisiaci rozvoj dopravy znamenali pohyb ľudí a miešanie rôznych kultúr. Miešanie kultúr spôsobilo aj to, že sa zoznamujú a do manželstva vstupujú ľudia, ktorí pochádzajú z výrazne odlišného socio - kultúrneho prostredia. Tento fakt spôsobuje, že rozdielne subjektívne skúsenosti partnerov môžu spôsobiť komplikácie v procese vzájomného prispôsobovania sa, predovšetkým v adaptačnej fáze manželstva.

- *urbanizácia* – pohyb obyvateľstva vo veľkej miere ovplyvnil urbanizáciu. Významne sa zvýšil počet mladých rodín, ktoré sa začali sťahovať ďalej od rodičov. Ľudia z vidieka odchádzali v masovej miere do miest, v mestách začali vznikať nové urbanistické celky, ktoré nazývame sídliská. Vidiek je typický vzájomnou sociálnou kontrolou, ľudia o sebe vedia, poznajú sa, reagujú na správanie ľudí zo svojho prostredia. Naopak život na sídliskách býva anonymný, ľudia sa niekedy nepoznajú, nekomunikujú medzi sebou, čo znamená stratu sociálnej kontroly a to vytvára väčšie možnosti pre problémové správanie.

- *atomizácia rodiny* – je dôsledkom industrializácie, koncepcie urbanizácie s ňou súvisí oslabenie fungovania širšej podpornej rodiny. Atomizácia rodinných systémov a rozpad viacgeneračných rodín má vplyv na ekonomickú situáciu rodiny, na efektívnosť hospodárenia v rodine, sťažuje deľbu práce v rodine, nevytvára primeraný priestor na starostlivosť o deti, ovplyvňuje celkovo rodinné väzby.

- *prostriedky masovej komunikácie* – ľudia v súčasnosti majú oveľa častejší kontakt s prostriedkami masovej komunikácie, ako v minulosti. Masmédia, či už vedome alebo nevedome majú veľký vplyv na konzumentov, významne ovplyvňujú vytváranie ich predstáv, názorov, postojov, ovplyvňujú

¹⁰ http://koktail.pravda.sk/materstvo-zien-je-neraz-v-praci-prekazkou-fgw-/sk_kzs.asp?c=A071002_131840_sk_kzs_p20#ixzz1juhRFC9W

¹¹ Pozri bližšie prácu: ONDREJKOVIČ, P. a kolektív: *Sociálna patológia*. Bratislava: Veda, 2001. 297 s. ISBN 80-224-0685-6.

¹² KOLÁROVÁ M.: *Globální muž a lokální žena? Feministický pohled na globalizaci*. Gender, rovné příležitosti, výskum.ročník 8 č.1.2007. ISSN. 1213-0028.

¹³ DWORZECKI, J.: policajt – spoter ako nástroj predchádzania a potlačania chuligánstva na štadiónoch v Poľsku. In Zborník z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou konanej dňa 20-21.11.2013 Bratislava 2014. Akadémia policajného zboru v Bratislave. ISBN- 978-80-8054-578-9. EAN -9788080545789.

¹⁴ Jacek DWORZECKI-Magdalena ONDICOVÁ-Jaromír MLÝNEK: SLOWACY WOBEC WYBRANYCH PATOLOGII SPOLECZNYCH Pszyna 2013, Wydawnictwo Druk –Oficyna drukarska Z.Spyra. ISBN:978-80-62674-41-1.

¹⁵ In: GABURA, J. 2012. *Teória rodiny a proces práce s rodinou*. 1. vyd. Bratislava: IRIS, 2012. 318 s. ISBN 978-80-89256-95-2.

ich potreby. Tendenciou ľudí je porovnávať sa s ponukou médií a podľa toho hodnotiť partnerov, hodnotiť svoje rodinné spolužitie, mať očakávania, či už primerané alebo neprimerané týkajúce sa partnerskej alebo rodičovskej roly.

Masmédia núkajú určité modely, vzory, spôsoby komunikácie, správania, riešenia problémov, čo vplýva na spokojnosť partnerov a taktiež na stabilitu rodiny. Média výrazne ovplyvňujú komunikáciu v rodine a to i v zmysle jej oslabenia, čo znamená negatívny dopad na vzťahy v rodine.

- *zoslabenie vplyvu cirkvi* – súčasné manželstvo sa vyznačuje zoslabením cirkevného vplyvu, čo možno badať aj na postojoch cirkvi k rozvedeným ľuďom. Najmä katolícka cirkev ešte pred nejakými desiatkami rokov tvrdo presadzovala nerozlučiteľnosť manželského zväzku. Cirkevný vplyv sa oslabil aj v oblasti predmanželského sexuálneho života či plánovaného rodičovstva, čo súvisí so zmenou vnímania sexu ako zážitku slasti a nielen ako plodenie detí. Boj o presadenie vlastných ideí zvädzajú cirkvi aj v problematike antikoncepcie, interrupcií, rozvodov či eutanázie.

2. Východiskové teórie harmonizácie práce a rodiny

Spoločnosť emancipačné snahy žien postupne akceptuje¹⁶, čo sa prejavuje zvyšujúcim sa podielom žien vo verejnom živote, vysokým podielom žien v ekonomickej oblasti, žena si najmä vo vyspelých krajinách slobodne¹⁷ vyberá medzi starostlivosťou o rodinu alebo profesionálnou kariérou.

Autori S. Zedeck a K. L. Mosier (1990)² uvádzajú päť spôsobov (teórií), ako chápať a vysvetľovať komplexnosť a dynamiku vzťahov sveta práce a rodiny. Základom ich prístupu je skôr dôraz na jednotlivca a jeho individuálne práva, než na rodinu ako celok:

- *teória „prelievania“ (spill-over theory)* – podľa tejto teórie neexistujú medzi svetom práce a rodiny žiadne jednoznačné hranice: čo sa stane vo svete práce zasahuje priamo rodinnú sféru a naopak. Pracovné uspokojenie, resp. neuspokojenie sa priamo premieta do životnej spokojnosti.

- *kompenzačná teória (compensation theory)* – základnou hypotézou je vzájomná súvislosť rol vykonávaných v práci a v rodine. Ľudia v rozličnom rozsahu investujú svoj potenciál do týchto rol a jednou z nich môžu kompenzovať to, čo im chýba v druhej role.

- *teória segmentov (segmentation theory)* – práca a rodina môžu existovať „vedľa seba“ bez významnejšieho vzájomného ovplyvňovania. Práca je vnímaná ako neosobný svet, súťaživý a viac inštrumentálny. Naopak, svet rodiny poskytuje intimitu, významné vzťahy a je miestom efektivity.

- *inštrumentálna teória (instrumental theory)* – v rámci nej jedna rola je využívaná ako prostriedok k zaobstaraniu vecí potrebných/významných pre inú rolu.

V zmysle tejto teórie ľudia pracujú preto, aby získali prostriedky pre rodinný život. Rovnako je svet práce rozhodujúci pre získanie prostriedkov potrebných pretrávenie voľného času.

- *teória konfliktu (conflict theory)* – je založená na premise, že úspech v jednej roly nemôže byť zdrojom problémov pre plnenie druhej roly. Ide o to, že svet práce a svet rodiny sú založené na rozličných normách a požiadavkách. Je si potrebné jasne uvedomiť, že žiadna z uvádzaných teórií nie je súčasným poznaním prekonaná, či absolútne akceptovateľná.

Praktická skúsenosť mužov a žien z výkonu pracovných a rodinných rol potvrdzuje, že v priebehu individuálneho života, rovnako ako rodinného cyklu, sa vzťah týchto dvoch sfér čiastočne mení a má rozličnú dynamiku. Na strane druhej možno pozorovať, že spôsob odborného a tiež laického diskurzu k otázkam zosúladovania pracovného a rodinného života najviac korešponduje s výkladom podľa teórie konfliktu. Ten je častejšie spájaný s dilemou žien (ich problémom zosúladiť povinnosti v oboch sférach) a stavajúceho oba svety „proti sebe“. Ťažší prístup žien na trh práce, k sfére významnejších pracovných, najmä riadiacich pozícií je väčšinou ospravedlňovaný povinnosťami žien, ktoré sú spojené s rodinnými, osobitne materskými úlohami, ktoré ohrozujú

¹⁶ SIPKO, A.: *Elementy rovnosti príležitostí uplatnenia mužov a žien v stredoveku. Pozícia mužov a žien v monastických štruktúrach*. In: *Rovnosť príležitostí a zosúladovanie práce a rodiny v praxi moderných organizácií*. Elektronický zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie. AOS.Liptovský Mikuláš 2012, 265s., s.181-185. ISBN: 978-80-8040-457-4.

¹⁷ KVAPILOVÁ, E. – PORUBENOVÁ, S.: *Nerovné cesty k rovnosti: Pohľady na ľudské a občianske práva žien na Slovensku*. Bratislava: Medzinárodné stredisko pre štúdium rodiny. 2001. 115 s.

kvalitné plnenie pracovných povinností.¹⁸ Avšak ani tento model nemôžeme pokladať za správny, pretože nezanedbateľnou skutočnosťou súvisiacou s udržateľnosťou tzv. sociálneho štátu je v súčasnosti problém nízkej pôrodnosti, ktorá vedie k narušeniu demografickej rovnováhy, k starnutiu populácie. To predstavuje finančnú hrozbu pre existujúce systémy dôchodkového a zdravotného zabezpečenia.

Účasť mužov a žien na trhu práce umožňuje realizáciu rovnakých práv a povinností nielen v oblasti politickej, ale tiež vo sfére trhu a sociálneho zabezpečenia, nemala by však obmedzovať reprodukčné preferencie obyvateľov a vyvolávať stav, keď ľudia pod tlakom systému limitujú alebo minimalizujú počet detí v rodinách.

Za takmer ideálny stav teda treba považovať situáciu, ktorá umožňuje harmonizáciu pracovnej kariéry a rodinného života mužov aj žien a súčasné trendy odporúčajú aplikovať prorodinnú sociálnu politiku aj do takých organizácií ako je armáda.

3 Špecifické riziká vojenských rodín v oblasti harmonizácie práce a rodiny

V dnešnej dobe je dôležité venovať starostlivosti o rodinu vojenského profesionála veľkú pozornosť. Rodina je pre profesionálneho vojaka jednou z najvýznamnejších životných hodnôt, čím skutočne tvorí významnú vnútornú silu vojaka – najmä v nasadení, samozrejme len za predpokladu, že je funkčná. Veliteľ, ale aj vojenská organizácia ako celok musí preto venovať otázkam rodiny a práci s rodinou primeranú pozornosť ak chce naplňovať úlohy, ktorými je poverená, rozhodli sme sa priblížiť problémy, ale aj aktuálne služby poskytované práve týmto rodinám.

V súčasnej profesionálnej armáde sa okrem iných problémov dostávajú do popredia otázky týkajúce sa rodín vojenských profesionálov. Rodinám vojenského profesionála je potrebné venovať zvláštnu pozornosť, pretože vyslanie rodiča na misiu a neskôr aj jeho návrat z nej určitým spôsobom ovplyvňuje fungovanie rodiny.

*„Armáda ako zamestnanecká organizácia má za povinnosť zabezpečiť vhodné pracovné prostredie pre vojaka, ako aj musí zohľadňovať v rámci svojej rodinnej politiky starostlivosť, podporu a pomoc pre rodinu profesionálneho vojaka v procese odlúčenia. V prípade nerefektovania tejto skutočnosti môžu nastať také situácie, v ktorých ozbrojené sily nebudú schopné plnohodnotne a efektívne plniť svoje povinnosti, obzvlášť ak sa to bude týkať profesionálnych vojakov pôsobiacich mimo územie Slovenskej republiky. Je nevyhnutné uviesť si fakt, že nasadenie vo vojenských misiách má výrazný potenciál spôsobovať potenciálne ohrozenie života alebo zdravia počas plnenia úloh, či problematické situácie, ktoré sa môžu vyskytnúť počas nasadenia profesionálnych vojakov misiách. V súvislosti s nasadením môžeme hovoriť o troch akoby samostatných obdobiach: o období prípravy na nasadenie, samotnom nasadení a návrate. V každom z týchto období sa objavujú špecifické problémy, ktoré si vyžadujú špeciálne riešenia.“*¹⁹(Plachá, 2011, s. 181).

Ako tvrdí Cziráč²⁰, „výkon vojenského povolania nie je jednosmerne náročný iba pre príslušníka ozbrojených síl. Taktiež kladie neľahké požiadavky na ostatných príslušníkov rodiny. Chod rodiny, výchova detí, manželské spolužitie, spoločné rodinné trávenie voľného času a podobne sú istým spôsobom podriadené, zviazané a ovplyvňované zákonnou viazanosťou člena rodiny – profesionálneho vojaka, ktorý musí isté vlastné záujmy, rodinné povinnosti, a tak ďalej uprednostniť, respektíve skorigovať, doladiť s vojenským povolaním.“

Výkon vojenského povolania je spojený s častou odlúčenosťou jedného z partnerov od rodiny, čo môže mať negatívny vplyv na samotné fungovanie rodiny a tiež na zhoršovanie vzťahov medzi

¹⁸ DEN DULK, L., VAN DOORNE-HUISKES, A., SCHIPPERS, J. 1999. Work-family arrangements in Europe. Amsterdam: Thela Thesis. Amsterdam, ISBN 90 5170 4755.

¹⁹

²⁰ CZIRÁČ, P. 2013. Kvalita života. Starostlivosť o rodiny profesionálnych vojakov vyslaných do operácií medzinárodného krízového manažmentu. Zriadenie centier pre podporu rodiny. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-89609-01-7, 2013, č. 1, s. 61 – 91.

jednotlivými rodinnými príslušníkmi. Jedným z možných prejavov je samotné ochladzovanie vzťahov, zmena kvality života medzi rodinnými členmi.²¹

Veľmi zaujímavé výsledky sme zistili pri meraní dôvodov výkonu vojenského povolania, ktoré sú aj motivačným činiteľom pracovnej výkonnosti. Respondenti stanovili poradie ponúkaných motívov (rozsah hodnôt bol: 1 = maximálny a 11 = minimálny vplyv). Odpovede boli vyhodnotené štatistickou metódou mnohonásobných odpovedí). Zmeraním najčastejších piatich dôvodov sme zistili ktoré z motívov k výkonu vojenského povolania sú dôležitejšie – *racionálne* (finančné zabezpečenie, prestíž vojenskej organizácie, obsah vojenskej práce a pod.) alebo *emocionálne* (kolektív, sebauplatnenie atď.). K piatim hlavným motívom respondenti zaradili: 1. finančné dôvody, 2. pracovný kolektív, 3. príležitosť k rozvoju, 4. profesionalitu práce a napokon 5. zmyslupnosť práce. (Tabuľka 1)

Tabuľka 1 Dôvody vedúce k výkonu vojenského povolania

Jednotlivé dôvody vedúce k výkonu vojenského povolania	N	% odpovedí	% prípadov
Finančné dôvody (platové ohodnotenie, finančné zabezpečenie rodiny)	338	10,1	98,8
Zmyslupnosť práce (zaujímavé a stimulujúce úlohy, sebarealizácia)	312	9,3	91,2
Pracovný kolektív (osobnosť veliteľa, kvalifikovaní a šikovní kolegovia)	315	9,4	92,1
Príležitosť k rozvoju (odborné vzdelávanie, kariérny postup, osobný a profesionálny rozvoj)	314	9,4	91,8
„Meno“ zamestnávateľa (hrdosť na vojenskú organizáciu, to znamená výkon práce v organizácii, na ktorú môžem byť hrdý)	307	9,2	89,8
Zodpovednosť (dôležité poslanie náplne práce, rozhodovacie právomoci, možnosť riadiť)	306	9,2	89,5
Sloboda (vlastné tempo pri plnení pracovných úloh, flexibilita, možnosť byť sám sebou)	301	9	88
Podiel na zisku (odmeňovací systém na základe prínosu k plneniu potrebných celkových úloh)	306	9,2	89,5
Professionalita práce (jasné vymedzenie zodpovedností a procesov)	313	9,4	91,5
Ocenenie prínosu (uznanie a úcta, zmysluplná odozva na pracovný výkon)	302	9	88,3
Iné	227	6,8	66,4
Spolu N	3341	100	976,9

Podľa Koháryovej²² absentuje psychologická príprava rodín a partnerov na život s profesionálnym vojakom.

²¹ BARANOWSKA, A. Wpływ służby poza granicami kraju na jakość życia rodziny wojskowej – casus polski. Zborník príspevkov z medzinárodnej konferencie. Súčasný stav a možný vývoj rodiny profesionálneho vojaka. AOS L. mikuláš 2015. ISBN 978-80-8040-499-4. S.39-54.

²² KOHÁRYOVÁ, O. 2012. Služba profesionálneho vojaka a jej vplyv na rozvodovosť profesionálnych vojakov. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-970322-7-2, 2012, č. 1, s. 70 - 71.

Krízy vo vzťahu sú často krát spôsobené tým, že partneri nevedia o vojenskom povolaní. Dôvodov môže byť viac, ako napríklad zlá komunikácia medzi partnermi, nízky záujem o prácu toho druhého a aj nedostatočná odborná osveta.

Nasadenie do vojenských operácií a misií a z toho vyplývajúce odlúčenie zažívajú všetky vojenské rodiny počas kariéry profesionálneho vojaka. Toto obdobie prináša ťažkosti nielen nasadeným profesionálnym vojakom, ale aj ich rodinám, ktoré zostávajú doma. Plánované odlúčenie často vyvoláva obavy zo straty kontaktu s deťmi, starosti, či ich vlastné dieťa po návrate spozná (hlavne u dojíciat a batoliat) a obavy z toho, ako ovplyvní nasadenie ich úlohu rodiča. Partneri, ktorí zostávajú doma, majú niekedy obavy zo zvýšenej zodpovednosti a možného preťaženia, toho, či udržia už zabehnuté pravidlá v rodine a toho, či zvládnu zastať úlohu oboch rodičov počas nasadenia. Kovács²³ tvrdí, že *„Rodiny sa musia pre odchodom do misie, počas jej trvania, ale aj po jej skončení vyrovnávať s mnohými problémami, ktoré majú vplyv na rodinné a partnerské vzťahy. Odlúčenie i návrat z misie sú plné stresu.“*

Ako hovorí Štammová²⁴ *„Na druhej strane je vyslanie pre vojenské rodiny významná skúsenosť. Odlúčenie vytvára príležitosť, aby si jednotliví členovia rodiny uvedomili, akí sú si navzájom vzácní, ukáže sa, čo je v živote rodiny neskutočne dôležité.“*

Podľa Cziráka²⁵ rodina v tomto období zostáva mnohokrát nezaopatrená a bez potrebnej podpory a pomoci. Málokto z týchto rodín je schopná poradiť si počas neprítomnosti profesionálneho vojaka s riešením všetkých problémov, či už finančných, sociálnych alebo materiálnych.

Najväčším problémom vojenských rodín je fakt, že o pomoc si musia požiadať sami. Veľké množstvo profesionálnych vojakov odchádzajúcich na zahraničné misie nedovoľuje, aby sa pracovníci venovali všetkým rodinám. Veľakrát sa stane, že rodiny ani nevedia na akú pomoc nárok majú. *„Problémom je aj práca počas sviatkov a víkendov. Či už je „služba“ naplánovaná, alebo nie, stále je to neštandardná pracovná doba. Nie zriedka sú dôvodom hádok práve konflikty kvôli (ne)plánovaniu programu na víkend či spoločnej dovolenky. Možno sú to banality a nepodstatné veci, no práve tieto tvoria partnerský život a rovnako tak ho môžu aj zničiť.“*²⁶

*„Hlavný dôraz je položený na problémy rozvoja rodín vojakov z povolania, ktoré súvisia s bývaním, so zamestnanosťou manželiek, s umiestňovaním detí v predškolských zariadeniach, s finančným zabezpečením, s vlastníctvom nehnuteľností a predmetov dlhodobej spotreby, s množstvom voľného času, so športovým a kultúrnym vyžitím a s miestom bydliska, ktoré potvrdil nielen výskum, ale aj každodenný život.“*²⁷ (Matis, 1997, s. 55).

Priebeh služobnej kariéry profesionálneho vojaka nevyhnutne predpokladá postupné zvyšovanie kvalifikácie na výkon vojenskej hodnosti i vojenskej funkcie – profesijný rast, preto sme zistovali príčiny sťažujúce kariérny rast. Uprednostňovanie rodinných povinností pred pracovnými ambíciami sa v našom výskume nepotvrdilo. Rozhodujúcim retardačným činiteľom (brzdou) kariérneho rastu sa ukázal nedostatok financií, čo bol aj hlavnou príčinou nízkeho počtu kurzistov a neochoty veliteľov vyslať podriadených na tieto vzdelávacie kurzy, ktorých absolvovanie je pre kariérny rast profesionálneho vojaka nevyhnutné.

Tabuľka 2 Skutočnosti sťažujúce možnosti zvyšovania kvalifikácie a kariérneho rastu

²³KOVÁCS, K. Vplyv krízových situácií na profesionálneho vojaka a jeho rodinu. In: pulib.sk. [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné na internete: <http://www.pulib.sk/elpub2/FF/Chovanec1/pdf_doc/93.pdf>.

²⁴ ŠTAMMOVÁ, M. 2011. Psychologické aspekty vplyvajúce na odlúčenie profesionálnych vojakov. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-970322-4-1, 2011, č. 1, s. 20 - 29.

²⁵ CZIRÁK, P. 2013. Kvalita života. Starostlivosť o rodiny profesionálnych vojakov vyslaných do operácií medzinárodného krízového manažmentu. Zriadenie centier pre podporu rodiny. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-89609-01-7, 2013, č. 1, s. 61 – 91.

²⁶ KOHÁRYOVÁ, O. 2012. Služba profesionálneho vojaka a jej vplyv na rozvodovosť profesionálnych vojakov. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-970322-7-2, 2012, č. 1, s. 70 - 71.

²⁷ POLONSKÝ, D. – MATIS, J. 1997. Rodina vojenského profesionála. Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši, 1997. 78 s. ISBN 80-8040-045-8.

Skutočnosti sťažujúce zvyšovanie kvalifikácie	Priemer*	Medián	Modus	Št. odch.	N
Starostlivosť o deti v predškolskom veku	3,24	4	5	1,478	412
Starostlivosť o chorých alebo nevládných členov rodiny	3,65	4	5	1,368	411
Starostlivosť o domácnosť a domáce práce	3,54	4	5	1,395	409
Neobjektívne vnímanie plnenia pracovných povinností a konečných výsledkov práce nadriadeným	2,89	3	2	1,252	409
Neochota nadriadeného vyslať svojich podriadených na odborné vzdelávacie kurzy	2,68	2	2	1,340	415
Nízky počet kurzistov nedovoľuje uspokojiť potreby všetkých záujemcov	2,33	2	2	1,184	410
Nedostatok finančných prostriedkov na útvare	2,08	2	1	1,151	415

* posudzovacia škála: 1 = určite áno, 2 = asi áno, 3 = nevyhranený názor, 4 = asi nie, 5 = určite nie

Ekonomická transformácia, ale aj transformácia armády poriadne skomplikovala možnosti pre zamestnanie manželiek vojakov z povolania a pre umiestnenie ich detí do predškolských zariadení.

Pri zisťovaní názorov profesionálnych vojakov na *reakciu partnera v prípade ich účasti v zahraničnej operácii* sa odpovede respondentov pohybovali okolo strednej možnosti (vyhýbavá odpoveď), pričom však *hodnota modusu* (najčastejšie sa vyskytujúca odpoveď) vyjadriala podporu akceptácii plnenia služobných úloh mimo územia Slovenskej republiky rodinou profesionálneho vojaka (tabuľka 3).

Tabuľka 3 Názory profesionálnych vojakov (PrV) na reakciu ich partnera na ich účasť v zahraničnej operácii

Názory PrV na reakciu partnera	Priemer*	Medián	Modus	Št. odch.	N
Môj partner by to privítal a podporil by ma	2,97	3	2	1,382	413
Nebol by nadšený, ale nebránil by mi vo vlastnom rozhodnutí	2,61	2	2	1,223	413
Snažil by sa mi to vyhovoriť	3,22	4	4	1,272	412
Určite by s tým nesúhlasil	3,31	4	4	1,303	410

* posudzovacia škála: 1 = určite áno, 2 = asi áno, 3 = nevyhranený názor, 4 = asi nie, 5 = určite nie

Zdroj: Kolektív: *Záverečná správa z výskumu „Rodina profesionálneho vojaka“* 1. časť „Vplyv rodinnej sféry na sféru pracovnú“ (Príloha č.1 k spisu PÚ-182-15/2011-OPŠČ).

4 Sociálne zabezpečenie rodín vojenského profesionála OSSR

Podľa Polonského a Matisa²⁸(1997) je sociálna politika ozbrojených síl Slovenskej republiky je jedným z hlavných motivačných činiteľov pri rozhodovaní sa mladých ľudí (mužov i žien) pre profesionálnu vojenskú službu. Istota zamestnania na dobu určitú v rámci daného odborného zaradenia s možnými rizikami, udržiavaním si výborného zdravotného stavu a permanentným vzdelávaním sa. Benefity poskytované profesionálnym vojakom v priebehu vojenskej kariéry sú často aj ich povinnosťami. Nastavené parametre sociálnej politiky umožňujú profesionálnym vojakom určiť a udržať si primeranú kvalitu života, a to aj po vzniku nároku na výsluhové zabezpečenie. „*Sociálne zabezpečenia rodín vojakov z povolania je vymedzené ako komplex spoločenských vzťahov, prostredníctvom ktorých sa zabezpečujú potreby ich príslušníkov v situáciách, kedy tieto potreby nemôžu byť zabezpečené ich vlastnými silami, ich vlastným pričinením. Realizuje sa sociálnou politikou, ktorú môžeme ponímať ako komplex opatrení, zabezpečujúci nerušený priebeh činnnej služby príslušníkov armády.*“²⁹ Ako hovorí Stanek³⁰ (2008, s. 199) „*základným cieľom sociálneho zabezpečenia je poskytnúť rodinám a jednotlivcom istotu, že úroveň a kvalita ich života sa nezníži ani v rizikovej sociálnej alebo ekonomickej situácii.*

Sociálne zabezpečenie tak zahŕňa okrem uspokojovania potrieb aj prevenciu rizík a pomoc rodinám, jednotlivcom v situáciách (pri riešení sociálnych udalostí), ktorým nebolo možné nijako zabrániť.“ Neoddeliteľnou súčasťou sociálneho zabezpečenia profesionálnych vojakov sú však aj služby sociálneho zabezpečenia, ktoré sú v celospoločenskom systéme štandardne zaradené do iných oblastí sociálnej politiky štátu. V rámci sociálneho zabezpečenia profesionálnych vojakov sú služby sociálneho zabezpečenia jeho podporným subsystémom, z ktorého sa poskytuje kúpeľná starostlivosť (podporu a udržiavanie dobrého zdravotného stavu), rekreačná starostlivosť (vytváranie podmienok a podpory kvality života a rodinného zázemia) a spadá sem aj zabezpečenie pohrebu bývalého profesionálneho vojaka.³¹

Podľa § 69 zákona o sociálnom zabezpečení policajtov a vojakov 328/2002 Z. z.:

„ (1) Policajtovi, profesionálnemu vojakovi, vojakovi prípravnej služby a poberateľovi dôchodku z výsluhového zabezpečenia, ich manželkám (manželom) a nezaopatreným deťom možno poskytnúť rekreačný pobyt vo forme rodinnej rekreácie, rekreácie pre dospelých, detskej rekreácie v rekreačných zariadeniach určeným ministerstvom.

(2) Rekreačnú starostlivosť podľa odseku 1 možno poskytnúť aj v zahraničí.

(3) Rekreačná starostlivosť podľa odsekov 1 a 2 sa poskytuje za čiastočnú úhradu.“

Rekreačný pobyt vojakom a jeho rodine poskytuje Vojenský úrad sociálneho zabezpečenia.

Podľa § 71 ods. 1 zákona o sociálnom zabezpečení policajtov a vojakov 328/2002 Z. z., „policajtovi, ktorý zomrel počas trvania služobného pomeru, alebo profesionálnemu vojakovi, ktorý zomrel počas trvania služobného pomeru, alebo vojakovi prípravnej služby, ktorý zomrel počas výkonu služby, zabezpečí služobný úrad alebo služobný orgán pohreb na území Slovenskej republiky v celom rozsahu alebo na prianie pozostalých s ich spoluúčasťou.“ Profesionálni vojaci najväčší záujem o sociálne služby, ktoré priamo súvisia s kompenzáciou náročnosti vojenského povolania. Situácie, ktoré vzniknú v neprítomnosti rodiča, ktorý je vyslaný na vojenskú misiu, sú mimoriadne záťažové pre jeho rodinu. Jedná sa najmä o situácie, keď rodičia pôvodne mali výraznejšie delenie rolí,

²⁸ POLONSKÝ, D. – MATIS, J. 1997. Rodina vojenského profesionála. Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši, 1997. 78 s. ISBN 80-8040-045-8. s. 52

²⁹ Tamtiež, s 52.

³⁰ STANEK, V. a kol. 2008. Sociálna politika. Bratislava: SPRINT, 2008. 375 s. ISBN 978-80-89393-02-2. s. 199

napríklad pri vybavovaní administratívnych záležitostí, logistika domácnosti, dohľad nad vzdelávaním detí, opravy v domácnosti a podobných.

Podľa § 103 zákona o sociálnom zabezpečení policajtov a vojakov a o zmene a doplnení niektorých zákonov 328/2002 Z. z. „sociálne zabezpečenie policajta alebo profesionálneho vojaka vzniká dňom vzniku služobného pomeru policajta alebo profesionálneho vojaka“ a podľa § 106 ods. 1 vyššie citovaného zákona „sociálne zabezpečenie policajta alebo profesionálneho vojaka zaniká dňom skončenia služobného pomeru.“ Podľa § 110 ods. 1 vyššie citovaného zákona „poberateľom dávky sociálneho zabezpečenia je policajt, profesionálny vojak, vojak prípravnej služby a iná fyzická osoba, ktorej vznikol nárok na dávku sociálneho zabezpečenia a nárok na jej výplatu, zákonný zástupca poberateľa dávky sociálneho zabezpečenia alebo osobitný príjemca.“

Zmena miesta výkonu práce profesionálneho vojaka znamená aj presťahovanie sa na nové miesto. Preto je potrebné, aby bol každý profesionálny vojak mobilný a schopný fungovať v prospech Ozbrojených síl Slovenskej republiky na novom mieste buď sám alebo so svojou rodinou. Pri presťahovaní mu prináleží príspevok na úpravu bytu a poberanie príspevku na bývanie. *„Bytová otázka bola a zrejme ešte dlho ostane, dôležitým faktorom výrazného ovplyvňovania celého spôsobu života rodiny a tiež dôležitým predpokladom upevňovania vzťahov medzi rodinnými príslušníkmi. Je zároveň dôležitým predpokladom naplňovania základných funkcií rodiny.“*³² (Matis, 1997, s. 55). Podľa § 169 ods. 1 zákona o štátnej službe profesionálnych vojakov ozbrojených síl Slovenskej republiky a o zmene a doplnení niektorých zákonov 346/2005 Z. z. „profesionálny vojak v dočasnej štátnej službe v hodnosti čatár a vyššej má nárok na mesačný príspevok na bývanie od prvého dňa kalendárneho mesiaca nasledujúceho po podaní písomnej žiadosti.“

Rodiny profesionálnych vojakov pociťujú ako problematický dôsledok presťahovania sa i oblasť dotýkajúcu sa ich detí, je potrebné urýchlene zabezpečiť nájdenie nových predškolských a školských zariadení. Pre prácu s rodinami vyčleňované tímy podľa určených kritérií a tieto tímy plnia zadané úlohy. Na základe práce s rodinou vojenského profesionála, ktorá bola monitorovaná, bolo vydané nariadenia náčelníka Generálneho štábu ozbrojených síl Slovenskej republiky, ktoré obsahuje opatrenia na zefektívnenie práce s rodinami profesionálnych vojakov pôsobiacich v operáciách a misiách. Jedenkrát ročne sa organizuje seminár s pracovníkmi, ktorí sú vyčlenení na podporu rodín, na ktorom si vymieňajú svoje skúsenosti a zároveň je aj zdrojom inšpirácie pre generovanie legislatívnej úpravy činností súvisiacich s prácou s rodinami vojenských profesionálov. *„Aj keď súčasné najmä materiálne (finančné) podmienky pre efektívne využitie jednotlivých metód sociálnej práce a sociálnej pomoci (v tom i sociálne poradenstvo) v ozbrojených silách Slovenskej republiky nie sú také veľké aké majú k dispozícii zahraničné armády, napriek tomu je potrebné vybudovať komplexný sociálny systém sociálnej práce a sociálnej pomoci aj v našich ozbrojených silách a to od ministerstva obrany a generálneho štábu počnúc, až po poslednú jednotku končiac. Obsahovým základom tejto činnosti sa musí stať program sociálnej práce a sociálnej pomoci v ozbrojených silách, pretože iba tento program zabezpečí kvalifikovanú sociálnu prácu a sociálnu pomoc príslušníkom ozbrojených síl.“*³³

Armáda Slovenskej republiky má vytvorenú relatívne stabilnú štruktúru sociálnej podpory a motivačných programov pre svojich profesionálnych vojakov. Svojím pôsobením sa snaží vytvárať stabilné zázemie pre profesionálnych vojakov, ktorého cieľom je zabezpečiť prijateľné podmienky pre výkon ich práce, ale aj starostlivosti o rodinu.

Záver

Súčasný stav práce s rodinami profesionálnych vojakov slúžiacich mimo územia Slovenskej republiky prináša mnohé výzvy na systematické skvalitňovanie práce v tejto oblasti. Pracovné tímy zriadené pre tento účel sa permanentne stretávajú s mnohými problémami najmä v oblastiach:

³² POLONSKÝ, D. – MATIS, J. 1997. Rodina vojenského profesionála. Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši, 1997. 78 s. ISBN 80-8040-045-8.

- personálna oblasť – členovia tímu sú určovaní rozkazom veliteľa a činnosti v rámci tímu vykonávajú popri svojich každodenných služobných povinnostiach. Tieto činnosti sú nad rámec ich funkčných činností a nie sú dostatočne finančne ohodnotené. Členovia týchto tímov potrebujú byť pripravovaní v teoretickej, aj v praktickej rovine.
- materiálna oblasť – zlepšiť vybavenosť pracoviska informačnými a komunikačnými prostriedkami; printových a elektronických propagačných a informačných materiálov.
- finančná oblasť – zlepšiť dotáciu a podporu posilnením finančných zdrojov pri zabezpečovaní aktivít a projektov práce s rodinou vojenského profesionála.
- obsahová oblasť – v súčasnosti absentuje štandardizácia moderných metodických postupov v oblasti harmonizácie práce a rodiny, je potrebné inšpirovať sa zahraničnými skúsenosťami.

Dlhoročnou praxou a skúsenosťami jednotlivých útvarov ozbrojených síl Slovenskej republiky vznikla opodstatnená potreba Centier pre podporu rodiny. Jeho náplňou bude venovať sa primárne problematike starostlivosti o rodiny profesionálnych vojakov a poskytovanie odborného, metodického a koordinačného servisu útvarovým tímom pre podporu rodiny. Útvarové tímy pre podporu rodín budú zamerané na terénnu sociálnu podporu a pomoc rodinám a na budovanie a upevňovanie komunity vojenských rodín, harmonizáciu práce a rodiny.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. BARANOWSKA, A. Wpływ służby poza granicami kraju na jakość życia rodziny wojskowej –casus polski. Zborník príspevkov z medzinárodnej konferencie . Súčasný stav a možný vývoj rodiny profesionálneho vojaka. AOS L.mikuláš 2015. ISBN 978-80-8040-499-4. S.39-54.
2. BERTOVIÁ, S. a kol. 2011. Program prípravy na profesionálne vykonávanie náhradnej starostlivosti. 1. vyd. Bratislava: Ústredie práce, sociálnych vecí a rodiny, 2011. 150 s. ISBN 978-80-969002-5-1.
3. CZIRÁK, P. 2013. Kvalita života. Starostlivosť o rodiny profesionálnych vojakov vyslaných do operácií medzinárodného krízového manažmentu. Zriadenie centier pre podporu rodiny. In: Vojenská osвета. ISBN 978-80-89609-01-7, 2013, č. 1, s. 61 – 91.
4. DE SINGLY, F. 1999. Sociologie současné rodiny. Praha: Portál, 1999. 127 s. ISBN 80-7178-249-1.
5. Dohovor o právach dieťaťa. Prijaté Valným zhromaždením Spojených národov, november 1989.
6. DRAGANOVÁ, H. a kol. 2006. Sociálna starostlivosť. 1. vyd. Martin: Osveta, 2006. 196 s. ISBN 978-80-8063-240-3.
7. FISCHER, S. – ŠKODA, J. 2009. Sociální patologie. Praha: Grada publishing a.s., 2009. 224 s. ISBN 978-80-247-2781-3.
8. GABURA, J. 2006. Sociálna práca s rodinou. Bratislava: Občianskej združenie sociálna práca, 2006. 57 s. Nemá ISBN.
9. GIDDENS, A. 2003. Důsledky modernity. 2. vyd. Praha: Sociologické nakladatelství, 2003. 200 s. ISBN 80-86429-15-6.
10. KASANOVÁ, A. 2008. Sprievodca sociálneho pracovníka. 1. vyd. Nitra: UKF, 2008. 449 s. ISBN 978-80-8094-277-9.
11. KELLER, J. 1995. Dvanáct omylů sociologie. Praha: Sociologické nakladatelství, 1995. 167 s. ISBN: 80-85850-09-5.
12. KOHÁRYOVÁ, O. 2012. Služba profesionálneho vojaka a jej vplyv na rozvodovosť profesionálnych vojakov. In: Vojenská osвета. ISBN 978-80-970322-7-2, 2012, č. 1, s. 70 - 71.
13. KOVÁCS, K. Vplyv krízových situácií na profesionálneho vojaka a jeho rodinu. In: pulib.sk. [online]. [cit. 2012-12-26]. Dostupné na internete: <http://www.pulib.sk/elpub2/FF/Chovanec1/pdf_doc/93.pdf>.

14. KRAJČÍROVÁ, M. – MIKLOŠKO, J. 2004. Mamy bocian nenesí. Bratislava: Motýľ, 2004. 156 s. ISBN 80-89199-05-4.
15. KRAUS, B. 2008. Základy sociálnej pedagogiky. 1. vyd. Praha: Portál, 2008. 215 s. ISBN 978-80-7367-383-3.
16. KUDLIČKA, J. – KORČOKOVÁ, Z. 2008. Etika vojenského profesionála, morálka a mravnosť. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-969458-4-9, 2008, č. 1, s. 43 – 73.
17. LACA, P. 2010. Sociálna otázka hospodársko-finančnej krízy ako súčasť „krízy zvnútra človeka.“ In: Zborník príspevkov z interdisciplinárneho vedeckého kolokvia Aktuálne otázky ekonomických a humanitných vied 10. Bratislava: STU, 2010. 423 s. ISBN 978-80-227-3447-9.
18. LEVICKÁ, J. a kol. 2004. Sociálna práca s rodinou. Trnava: Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce TU, 2004. ISBN 80-89074-93-6.
19. MATIS, J. 2002. Spôsob života a životný štýl. 1. vyd. Liptovský Mikuláš: LIA, 2002. 46 s. ISBN 80-968719-8-6.
20. MATOUŠEK, O. 2001. Základy sociálnej práce. Praha: Portál, 2001. 310 s. ISBN 80-7178-473-7.
21. MATOUŠEK, O. 2003. Rodina jako instituce a vztahová síť. 3. vyd. Praha: Sociologické nakladatelství (SLON), 2003. 161 s. ISBN 80-86429-19-9.
22. Misie krízového manažmentu EÚ. In: mzv.sk. [online]. [cit. 2012-12-13]. Dostupné na internete: <http://www.mzv.sk/sk/zahranicna_politika/bezpecnostna_politika_misie_krizoveho_manazmentu_eu>.
23. MOŽNÝ, I. 2002. Sociologie rodiny. 2. vyd. Praha: Sociologické nakladatelství (SLON), 2002. 219 s. ISBN 80-86429-05-9.
24. MOŽNÝ, I. 2006. Rodina a společnost. Praha: Sociologické nakladatelství (SLON), 2006. 312 s. ISBN 80-86429-58-X.
25. MOŽNÝ, I. 1990. Moderní rodina. Brno: Blok, 1990. 184 s. ISBN 80-7029-018-8.
26. NEČASA, P. 2011. Psychologické a sociologické aspekty podpory a pomoci personálu v nasadení. Zborník vedeckých a odborných prác. Liptovský Mikuláš: Akadémia ozbrojených síl gen. M. R. Štefánika L. Mikuláš, 2011. ISBN 978-80-8040-430-7.
27. PETRÍK, B. Revolúcia rodiny. In: postoy.sk. [online]. [cit. 2013-02-19]. Dostupné na internete: <http://www.postoy.sk/horwitz_r-evolucia_rodiny>.
28. PILLAROVÁ, Z. 2008. Sociálne zabezpečenie profesionálnych vojakov. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-969458-4-9, 2008, č. 1, s. 2-16.
29. POLONSKÝ, D. - MATIS, J. 1994. Profesionalizácia armády a príprava vojenských profesionálov. Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia, 1994. 50 s. Nemá ISBN.
30. POLONSKÝ, D. – MATIS, J. 1997. Rodina vojenského profesionála. Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši, 1997. 78 s. ISBN 80-8040-045-8.
31. POPELKOVA, M. – JUHASOVA, A. – POHANKA, M. 2010. 5. Medzinárodná konferencia doktorandov odborov Psychológia a Sociálna práca. Zborník príspevkov. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, 2010. ISBN 978-80-8094-699-9.
32. Príprav sa na návrat manžela / partnera z misie. In: vsvap.mil.sk. [online]. [cit. 2012-12-26]. Dostupné na internete: <http://www.vsvap.mil.sk/data/att/4591_subor.pdf>.
33. Profesionálny vojak. In: vojak.mil.sk. [online]. [cit. 2012-12-26]. Dostupné na internete: <<http://www.vojak.mil.sk/22759/?mnu=2041>>.
34. Rodina počas nasadenia a dôsledky odlúčenia. In: vsvap.mil.sk. [online]. [cit. 2012-12-26]. Dostupné na internete: <<http://www.vsvap.mil.sk/4478/>>.
35. Sociálne služby. In: employment.gov.sk. [online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupné na internete: <<http://www.employment.gov.sk/socialne-sluzby.html>>.
36. STANEK, V. a kol. 2008. Sociálna politika. Bratislava: SPRINT, 2008. 375 s. ISBN 978-80-89393-02-2.
37. ŠATÁNEK, J. 2004. Rodinné prostredie ako faktor socializácie a personalizácie osobnosti dieťaťa. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela, 2005. 176 s. ISBN 80-8083-015-0
38. ŠTAMMOVÁ, M. 2011. Psychologické aspekty vplyvajúce na odlúčenie profesionálnych vojakov. In: Vojenská osveta. ISBN 978-80-970322-4-1, 2011, č. 1, s. 20 - 29.

40. VEČERA, M. 1996. Sociální stát. Východiska a přístupy. Praha: SLON. 1996. 112 s. ISBN 80-85850-16-8.
41. VIŠŇOVSKÝ, Ľ. a kol. 2007. Základy rodinnej výchovy. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela, 2007. 198 s. ISBN 978-80-8083-443-2.
42. ZAPLATINSKI, V. M. – MATIS, J.: Bezopasnosť v eru globalizaci. Kyjev: Centr učobovoj literatury. 2010. 142 s. ISBN 978-611-01-0146-2.
43. Zákon č. 305/2005 Z. z. o sociálnoprávnej ochrane detí a o sociálnej kuratele a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
44. Zákon č. 346/2005 Z. z. o štátnej službe profesionálnych vojakov ozbrojených síl Slovenskej republiky a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
45. Zákon č. 328/2002 Z. z. o sociálnom zabezpečení policajtov a vojakov a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
46. Zákon č. 448/2008 Z. z. o sociálnych službách a o zmene a doplnení zákona č. 445/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov.
47. Zákon č. 36/2005 Z. z. o rodine a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

В.М. Заплатинський
поч. проф., доц., к.с-г.н.

W. Gajda
dr inż., doktor nauk ekonomicznych

ПЕРСПЕКТИВИ ОСВІТИ З ПИТАНЬ БЕЗПЕКИ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ УКРАЇНИ ПОВ'ЯЗАНІ З РОЗРОБКОЮ НОВИХ СТАНДАРТІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Стаття присвячена перспективам викладання дисциплін «безпека життєдіяльності», «основи охорони праці», «охорона праці в галузі», «цивільний захист» у вищих навчальних закладах України в зв'язку з розробкою нових стандартів вищої освіти та подальшою євроінтеграцією системи освіти України.

В статті приведено практику створення інноваційних орієнтовних програм з дисциплін безпека життєдіяльності та цивільного захисту як невід'ємних елементів розвитку системи освіти на сучасному етапі. Охарактеризовано можливі шляхи трансформації та розвитку даних дисциплін.

Показано, на прикладі освіти у Польщі, що подальший розвиток вітчизняної освіти з безпеки буде відбуватися за рахунок розширення числа спеціальностей. Наголошено на необхідності впровадження нових спеціальностей з питань безпеки у систему освіти України.

Ключові слова: *освіта, спеціальність, спеціалізація, навчальна дисципліна, безпека життєдіяльності, цивільний захист, охорона праці.*

PROSPECTS EDUCATION SAFETY IN HIGHER EDUCATION UKRAINE RELATED DEVELOP NEW HIGHER EDUCATION

This article is devoted to the prospects of teaching of subjects «safety», «the basis of labor», «labor in the field», «civil protection» in higher educational institutions of Ukraine in connection with the development of new higher education and further European integration of the education system in Ukraine.

In the article the practice of creating of innovative indicative programs in the disciplines of safety of life and protection as an integral part of the education system today. Characterized possible ways of transformation and development of these disciplines.

It is shown by the example of education in Poland that further development of national education Security will occur by expanding the number of specialties. The necessity of introducing of new professions in the security system of education in Ukraine was claimed.

Key words: *education, specialty, specialization, discipline, safety, civil protection, labor safety.*

Вступ

Подальший розвиток української освіти, зокрема, вищої відбувається в контексті євроінтеграції. Цей процес супроводжується значними трансформаціями, які направлені на глибинні зміни у всій системі освіти.

Ключовий світоглядний принцип європейської освіти – це єдність у розмаїтті. Він проявляється в плюралізмі національних систем освіти та їх узгодженні з загальнодоступними європейськими стандартами. Така паритетність постає як розбудова європейської системи освіти з урахуванням національної специфіки її учасників [1]. Таким чином, євроінтеграція не означає прямого запозичення певних принципів, методів у одному чи кількох західних університетах, а є розвитком національної системи освіти зі своїми особливостями. Проте, в деяких питаннях, зміни у конкретні університети впроваджуються з огляду на практику обмеженого числа вищих навчальних закладів тієї чи іншої країни, які можуть не відображати тенденцій розвитку освіти з відповідних напрямків. В результаті відбувається редукція об'єму знань і, як наслідок, зниження якості освітніх послуг.

Сьогодні, українські педагоги створюють нові стандарти вищої освіти, які суттєво відрізняються від тих, до яких ми звикли. В зв'язку з цим у викладачів дисциплін «безпека життєдіяльності», «основи охорони праці», «охорона праці в галузі», «цивільний захист» виникає занепокоєність подальшою долею цих дисциплін.

1. постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Тенденції які спостерігаються сьогодні в українській вищій освіті направлені здебільшого на зменшення обсягу викладання дисциплін з питань безпеки, а також вилучення деяких з них з навчального процесу. Такі зміни мають два аспекти.

Перший аспект пов'язаний із обґрунтуванням змісту та обсягу викладання питань повсякденної безпеки, охорони праці та цивільного захисту. Складність в обґрунтуванні виникає через відсутність глибоких наукових досліджень щодо оптимізації змісту освіти з даних питань для студентів різних спеціальностей. Більшість рекомендацій написані на основі практики минулих років. Слід відзначити, що змістові відмінності подані лише у трьох всеукраїнських програмах. Найбільш деталізовано змістові відмінності прописані у програмі з цивільного захисту 1995 року [2]. Дана програма містила 4 внутрішні програми:

1. Програму підготовки фахівців і магістрів медичних і фармацевтичних вищих навчальних закладів з дисципліни «цивільна оборона»;
2. Програму підготовки фахівців і магістрів сільськогосподарських вищих навчальних закладів з дисципліни «цивільна оборона»;
3. Програму підготовки фахівців і магістрів вищих навчальних закладів гуманітарного профілю з дисципліни «цивільна оборона»;
4. Програму підготовки фахівців і магістрів загальнотехнічних, будівельних, транспортних, економічних та інших вищих навчальних закладів технічного профілю з дисципліни «цивільна оборона».

Програма підготовки фахівців і магістрів загальнотехнічних, будівельних, транспортних, економічних та інших вищих навчальних закладів технічного профілю включала 11 напрямків (профіль) підготовки студентів, а саме:

1. Загальнотехнічний профіль,
2. Гірничий профіль.
3. Профіль нафти і газу.
4. Енергетичний профіль.
5. Профіль зв'язку.
6. Хіміко-технологічний профіль.
7. Профіль харчової промисловості.
8. Будівельний профіль.
9. Гідрометеорологічний профіль.
10. Профіль транспорту.

11. Профіль торгівлі.

Таким чином, програма [3] містила 14 профілів, що цілком задовольняло тодішню ситуацію в освіті.

Наступна програма була розроблена з урахуванням підвищення автономії вищих навчальних закладів. Зокрема, всеукраїнська програма з цивільного захисту 2002 року [4] теж мала розділ профільної підготовки, щоправда цей розділ не був конкретизований для тих чи інших спеціальностей, а вимагав такої конкретизації змісту безпосередньо викладачами відповідного ВНЗ.

Наступна всеукраїнська програма з цивільного захисту 2011 року [5] була створена за прикладом програми 1995 року і містила вісім профілів, а саме:

1. Технічний профіль.
2. Профіль аграрної та харчової промисловості.
3. Будівельний профіль.
4. Транспортний профіль.
5. Медичний і фармацевтичний профіль.
6. Гуманітарний профіль.
7. Економічний профіль.
8. Екологічний профіль.

На відміну від програми 1995 року кількість профілів зменшилась з 14 до 8, що в умовах зростання різноманітності спеціальностей було недостатньо.

Чинний «Перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти», затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 р. № 266 містить 27 галузей знань і відповідно 275 спеціальностей [6]. Тому розробка єдиної програми, яка б містила особливості принаймні всіх галузей знань, не кажучи вже про конкретні спеціальності сьогодні потребувала б значних ресурсів та часу.

Розробники нової всеукраїнської програми з цивільного захисту 2016 року [7] створили програму за іншими принципами, ніж усі попередні, що дало можливість зберегти основну ідею підготовки та враховувати не тільки особливості спеціалізації студентів, а також регіональні особливості, що важливо з огляду на місце розташування підприємств на яких будуть працювати випускники ВНЗ.

Всеукраїнські програми з безпеки життєдіяльності 1995, 1999, 2002, 2011 років змістовно певним чином змінювались, але це не було пов'язано із спеціалізацією студентів в зв'язку, з тим що зміст підготовки стосується повсякденних питань безпеки з якими людина стикається не залежно від спеціальності та місця проживання.

Програми з основ охорони праці та охорони праці в галузі різних років теж не містять спеціальних розділів пов'язаних із спеціалізацією студентів.

Задачі, які стоять перед освітою із загальних питань безпеки, а саме безпеки життєдіяльності, основ охорони праці, цивільного захисту полягають у подальшій оптимізації змісту освіти, обсягу питань, які повинні вивчатися, їх глибиною та необхідністю подальшої диференціації цих питань в залежності від соціальних, політичних, економічних, природних, технічних, зовнішніх факторів та спеціальності студентів.

Другий аспект змін в системі освіти із загальних питань безпеки стосується науково-педагогічних кадрів. Зменшення обсягу навчального навантаження із загальних дисциплін з безпеки призвело до закриття спеціалізованих кафедр, загального зменшення кількості науково-педагогічних працівників, які викладають дані питання. Існує побоювання, що після впровадження у освітній процес нових стандартів вищої освіти обсяг навчального навантаження із загальних питань безпеки суттєво зменшиться, в результаті чого може припинити існування низка кафедр, а викладачі будуть поставлені перед проблемою подальшої діяльності у вищому навчальному закладі.

Питання викладання дисциплін із загальних питань безпеки лежить значно глибше ніж здається на перший погляд. Це питання формування якості майбутніх фахівців не тільки в професійному аспекті, це питання їх відповідальності за власну та громадську безпеку. Питання ціни помилки, яка може коштувати дуже дорого, адже серед причин майже кожної аварії чи катастрофи є людський фактор. Наведемо лише декілька фактів.

21 вересня 2001 року на французькому хімічному комбінаті AZF у м. Тулузі стався вибух, наслідки якого вважаються однією з найбільших техногенних катастроф. Вибухнуло 300 тон нітрату амонію. За офіційною версією, причиною катастрофи був низький рівень забезпечення керівництвом комбінату безпеки зберігання вибухонебезпечної речовини. Внаслідок катастрофи: загинуло 30 осіб, поранено - понад 300 осіб, були зруйновані або пошкоджені тисячі житлових будинків і будівель, в тому числі майже 80 шкіл, 2 університети, 185 дитячих садків, без даху над головою залишилися 40 000 чоловік, більше 130 підприємств фактично припинили свою діяльність. Загальна сума збитку склала 3 млрд євро.

17 серпня 2009 року під час ремонту одного з гідроагрегатів сталась техногенна катастрофа на Саяно-Шушенській ГЕС, на річці Єнісей. В результаті катастрофи загинули 75 осіб та 13 було поранено. Через аварію було порушено енергопостачання сибірських регіонів. Збиток від аварії на Саяно-Шушенській ГЕС перевищив 7,3 мільярда рублів, включаючи збиток екології.

В результаті цунамі 11 березня 2011 року на північному сході Японії на АЕС «Фукусіма-1» сталась одна з найбільших після катастрофи на Чорнобильській АЕС аварій. Сумарний збиток від аварії за оцінкою експертів склав 74 млрд доларів. Повна ліквідація аварії займе близько 40 років. Наслідки цунамі були б менш відчутними, а аварія значно меншою, якби проектувальники АЕС забезпечили належний рівень безпеки від цунамі – явища досить вірогідного на побережжі Японії.

Втрати, які виникають внаслідок аварій та катастроф, нерідко є співставними із загальною вигодою від їх діяльності. Екологічні наслідки низки аварій та катастроф взагалі не можна підрахувати, адже ці втрати, як і людські життя, неможливо відновити.

2. виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми, Яким присвячується означена стаття

Необхідність освіти із загальних питань безпеки, до яких входять питання повсякденної безпеки, питання охорони праці та питання безпеки у надзвичайних ситуаціях, ні в кого не викликає сумніву. Проте науково обґрунтованої системи цілісного навчання різних категорій населення не створено та не розроблено механізм її функціонування. Щодо вищої школи, то, як зазначалось, нерозв'язаними залишаються питання змісту та обсягу навчання із вищезазначених питань. У нових стандартах вищої освіти питання безпеки можуть бути зазначені лише у загальному вигляді, а їх деталізація покладається на фахівців вищого навчального закладу. Під час розробки стандартів вищого навчального закладу виникає низка запитань пов'язаних з доцільністю тих чи інших знань для майбутнього фахівця певного рівня та спеціальності, достатністю та повнотою знань та навиків.

На відміну від інших дисциплін, вимоги щодо освіти з безпеки зазначені у низці законодавчих та нормативних актів, що виокремлює дану освітню галузь з поміж інших та відповідно вимагає узгоджених підходів до викладання цих питань у різних навчальних закладах. Натомість за кордоном така практика відсутня, проте там є значна кількість спеціальностей з питань безпеки.

3. формулювання цілей досліджень

Метою статті є оприлюднення результатів прогнозу розвитку освіти із загальних питань безпеки та розвитку спеціальної освіти з безпеки в Україні. Даний прогноз зроблено на основі аналізу динаміки розвитку закордонних систем освіти, зокрема в Польщі, Словаччині, Чехії та інших країнах.

4. викладення основного матеріалу дослідження

Знання та компетенції із повсякденної безпеки, безпеки праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в тому чи іншому вигляді увійдуть до нових стандартів освіти.

Нові стандарти вищої освіти є наступним поколінням стандартів і замінять собою Галузеві стандарти вищої освіти (ГСВО), які розроблялись у 2002 – 2014 роках відповідно до законодавства. Стандарти базуються на компетентнісному підході і поділяють філософію визначення вимог до фахівця, закладену в основу Болонського процесу та в міжнародному Проекті Європейської Комісії «Гармонізація освітніх структур в Європі» (Tuning Educational Structures in Europe, TUNING) [8]. Стандарти розробляються відповідно до Національної рамки кваліфікацій для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності. Стандарт вищої освіти – це сукупність вимог до змісту та результатів освітньої діяльності вищих навчальних закладів і наукових установ за кожним рівнем вищої освіти в межах кожної спеціальності.

Стандарт вищої освіти визначає такі вимоги до освітньої програми:

- обсяг кредитів ЄКТС, необхідний для здобуття відповідного ступеня вищої освіти;
- перелік компетентностей випускника;
- нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання;
- форми атестації здобувачів вищої освіти;
- вимоги до наявності системи внутрішнього забезпечення якості вищої освіти;
- вимоги до професійних стандартів (у разі їх наявності) [9].

Визначення переліку та обсягу навчальних дисциплін покладається на вищий навчальний заклад, який зазначає їх у навчальному плані. У навчальному плані зазначається також обсяг навчальних дисциплін у кредитах ЄКТС, послідовність їх вивчення, форми проведення навчальних занять та їх обсяг, графік навчального процесу, форми поточного і підсумкового контролю.

У рекомендаціях по розробленню стандартів вищої освіти запропоновано скористатися «Переліком загальних компетентностей», який сформований з переліку проекту TUNING. У стандарті вищої освіти повинно бути від 5 до 15 загальних компетенцій, які обираються із врахуванням рівня освіти [9].

Серед 31 запропонованих компетенцій тільки одна прямо стосується безпеки, а саме «24. Навики здійснення безпечної діяльності». Деякі із запропонованих загальних компетенцій можуть розглядатися як такі, що можуть прямо чи опосередковано стосуватися безпеки у тому чи іншому аспекті зокрема:

- * № 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу – може бути невід’ємною частиною оцінки небезпечної ситуації.
- * № 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях – у тому числі може розглядатися як застосування знань з питань безпеки у практичній діяльності.
- * № 12. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації – дана компетенція, вочевидь направлена, на безпеку, хоч прямо про це не йдеться, адже наслідки неправильних дій у новій ситуації так чи інакше можуть принести негативний результат.
- * № 14. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми – кожна небезпечна ситуація це проблема, яку потрібно, по можливості, вирішити найкращим способом.
- * № 30. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо – ця компетенція теж прямо та опосередковано стосується безпеки, адже йдеться про соціальні речі, які нерідко є основним критерієм безпеки.

Інші загальні компетенції теж певним чином можна пов’язати з безпекою, адже безпека та небезпека є одним з критеріїв оцінки наслідків будь якої діяльності.

В цілому стандарт вищої освіти фахівця певної спеціальності включає кілька десятків компетенцій. В зв’язку з цим, на вищі навчальні заклади лягає важка задача по розробці стандартів вищого навчального закладу, в тому числі навчальних програм.

В цій ситуації виникає необхідність у науково-обґрунтованому узгодженні поглядів на зміст навчання. Це стало причиною розробки принципово нових орієнтовних навчальних програм з цивільного захисту та безпеки життєдіяльності.

4.1. Створення нових базових програм дисциплін з БЕЗПЕКИ – ОСНОВА КОНСОЛІДАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ

Після скасування постанови Кабінету Міністрів України від 30.05.2014 р № 590-р. [10] спільного наказу Міністерства освіти і науки України, Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи і Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 969/922/216 від 21.10.2010 р. [11] педагогічне співтовариство України залишилося без документів Міністерства освіти і науки, які регламентують викладання дисциплін із загальних і спеціальних питань безпеки у вищих навчальних закладах: «безпека життєдіяльності», «основи охорони праці», «охорона праці в галузі», «цивільний захист». Погіршило ситуацію розформування у вересні 2015 року системи науково-методичних комісій Науково-методичної Ради МОН України. Відповідно, разом з іншими комісіями, припинила свою діяльність науково-методична комісія (1702) з цивільної безпеки Міністерства, яка складалась з президії (14 осіб), підкомісії з цивільного захисту 170201 (18 осіб), секції безпеки життєдіяльності (16 осіб), підкомісії з охорони праці (17 осіб), підкомісії з пожежної безпеки 170203 (11 осіб) [12]. Загальна кількість членів НМК з цивільної безпеки, з урахуванням того факту, що деякі члени НМК були членами президії та однієї з підкомісій або секції, становила 70 осіб. В цілому науково-методична комісія з цивільної безпеки з моменту її створення зробило небагато для розвитку освіти із загальних питань безпеки у вищій школі України, хоча слід зазначити, що окремі підкомісії працювали досить непогано. Той факт, що наказ № 969/922/216 «протримався» всього 3,5 роки, а нові змістові модулі ГСВО з безпеки життєдіяльності та цивільного захисту так і не були створені, свідчить про суттєві прорахунки у організації та персональному складі даної НМК.

З огляду на неефективну роботу багатьох НМК Міністерство освіти і науки України у вересні 2015 року розпочало їх реорганізацію. Відповідно до наказу МОН України від 26 січня 2016 року № 53 «Про оголошення конкурсного відбору членів науково-методичних комісій (підкомісій) сектору вищої освіти Науково-методичної ради МОН України» в Україні створено систему з 14-ти науково-методичних комісій, у яких передбачено 5 осіб в підкомісії 261 з пожежної безпеки, 5 осіб у підкомісії 263 з цивільної безпеки та 2 особи у підкомісії 015-6 професійна освіта. Отже, всього 12 осіб. Крім цього, згідно з новим українським Законом «Про вищу освіту» [13] створення програм дисциплін - прерогатива вищого навчального закладу, а підставою для створення програми конкретної дисципліни служить комплекс компетенцій, викладений в Державному стандарті вищої освіти (ГСВО) відповідної спеціальності. Аналіз показав, що в діючих сьогодні різних стандартах, компетенції з питань безпеки написані по-різному, а деякі стандарти, не містять цих компетенцій. Відсутність компетенцій з безпеки в Галузевих стандартах вищої освіти суперечить низці положень законодавчих та нормативних актів України, зокрема положень глави 10 Кодексу цивільного захисту України [14]. Тому, у конкретного викладача ВНЗ виникають об'єктивні складності при створенні навчальної та робочої навчальної програм.

4.1.1. ВСЕУКРАЇНСЬКА БАЗОВА ПРОГРАМА З БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Скасування наказу № 969/922/216 фактично скасувала дію четвертої типової програми з безпеки життєдіяльності (БЖД) [15], що поряд з критичною ситуацією, яка склалася в галузі загальної освіти з питань безпеки та істотними недоліками в четвертій програмі, які детально розглядалися в ряді статей, зокрема «Тенденції розвитку освіти з безпеки життєдіяльності на основі порівняльного аналізу всеукраїнських типових навчальних програм для вищої школи» [16] та інших [17].

Базова всеукраїнська програма по БЖД, створена міжнародним колективом під загальним керівництвом автора цієї статті, дозволяє вирішити питання перехідного періоду, так як

містить базові компетенції студентів, а також є, свого роду основою, підказкою для створення програм у кожному конкретному ВНЗ.

Під час написання даної програми були реалізовані нові ідеї, а також закладені нові принципи, які були винесені на розгляд науково-педагогічної громадськості [18]. У програмі немає жорсткої кількості часу на вивчення дисципліни. Час на вивчення дисципліни БЖД може і має відрізнятись у студентів різних спеціальностей, а також залежати від рівня поточних загроз в даному регіоні. Мінімальний рекомендований в програмі час становить 45 годин, який може бути збільшено до 60 і навіть 90 годин в залежності від низки факторів.

Програма містить інваріантну (обов'язкову) частину, яка є основою дисципліни безпека життєдіяльності. Ця частина містить відносно невелику кількість питань, від 2 до 4 в залежності від конкретної теми. Значно більше запитань міститься в варіативній тематиці, яка в свою чергу містить три блоки питань: загальні питання, професійні питання та регіональні питання. Кількість питань варіативної тематики, які будуть введені в конкретну навчальну та робочу навчальну програми з БЖД ВНЗ визначається безпосередньо конкретним викладачем. Причому, викладач може і повинен вносити в свою програму не тільки існуючі варіативні питання, але і формувати свої власні. Такий підхід дає можливість в повній мірі врахувати спеціальність студентів, регіональні особливості, а також оперативно вносити нову тематику.

В результаті, програма перетворюється з консервативного документа в основу, кістяк на якому будується власна програма ВНЗ. У програмі розшифровується і пояснюється за допомогою яких тем можна сформулювати необхідні компетенції студента з питань повсякденної безпеки. Викладач, при створенні своєї навчальної програми має право об'єднувати теми, змінювати кількість часу на їх навчання, самостійно визначати форми контролю та інші питання.

Особливістю нової програми з безпеки життєдіяльності є її велика, в порівнянні з попередніми, соціалізація. У програмі розширено блок соціальних небезпек і введена тематика, яка була відсутня в попередніх програмах, зокрема питання превенції, профілактики агресії та девіантної поведінки. Значно більше уваги приділено питанням протидії тероризму, екстремізму, расизму і т. інш.

Традиційна тематика природних і техногенних небезпек викладена з урахуванням статистики і конкретних потреб людей. Увагу акцентовано на найбільш оптимальних алгоритмах дій в тій чи іншій ситуації.

Змін зазнав блок питань пов'язаний з виявленням та ідентифікацією небезпек і визначенням ризику. Поряд з інструментальними методами в програмі приділено значну увагу органолептичним методам виявлення небезпек, як найбільш важливим у повсякденному житті.

4.1.2. ВСЕУКРАЇНСЬКА ОРІЄНТОВНА ПРОГРАМА З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Нова базова всеукраїнська програма з цивільного захисту написана з урахуванням вимог положень Кодексу цивільного захисту України, зокрема статей 20, 21, 40 та інших. Програма також враховує положення нового Закону України «Про вищу освіту» [13].

Дана програма створена на тих самих принципах, що й програма з безпеки життєдіяльності. В основі програми лежить інваріантна складова. Це знання, а також компетенції, які можуть придатися людині в процесі її повсякденної та професійної діяльності незалежно від галузі та посади. Слово «можуть» в попередньому реченні введено спеціально, адже безпека пов'язана з імовірнісним характером прояву небезпек.

Варіативна складова програми містить три компонента, а саме:

- блок загальних питань цивільного захисту з даної теми, які розширюють і поглиблюють питання інваріантної частини;
- блок професійних питань цивільного захисту, що враховують особливості діяльності фахівців на підприємствах певної галузі;
- регіональний блок, в якому розглядають метеорологічні, географічні, геологічні особливості регіону і пов'язані з цим особливості виникнення природних надзвичайних ситуацій. У регіональній тематиці розглядаються також етнічні, релігійні і інші особливості, які можуть вплинути на виникнення соціальних надзвичайних ситуацій. У регіонах, що мають державний кордон з іншими країнами, в тому числі морський при викладі тематики слід більш детально вивчати міжнародне співробітництво в галузі цивільного захисту, а також враховувати можливість виникнення надзвичайних ситуацій за кордоном, дія або наслідки яких можуть поширитися на даний регіон. Регіональна тематика повинна бути присвячена розгляду небезпечних об'єктів, об'єктів критичної інфраструктури регіону і відповідних дій в умовах надзвичайних ситуацій на цих об'єктах, у зв'язку з тим, що наслідки таких ситуацій можуть мати велике територіальне поширення.

Особливістю нової базової програми є гнучкі рекомендації з розподілу навчального часу, які визначають мінімальний і можливий максимальний час на вивчення дисципліни відповідно в мирний час і в період загрози національній безпеці. У мирний час рекомендується вивчати цивільну оборону в обсязі 1,5-2 кредити (45 - 60 годин). В умовах загрози національній безпеці рекомендований обсяг становить від 2 до 3 кредитів (60-90 годин). Співвідношення лекційних, практичних (лабораторних) занять і самостійної роботи може змінюватись в широких межах відповідності до конкретної спеціалізації студентів.

Нові орієнтовні всеукраїнські програми з безпеки життєдіяльності та цивільного захисту для студентів усіх спеціальностей містить інновації не тільки в змістовній частині, але є інноваційними за формою і принципам. Створення нового покоління таких програм є одним з напрямків розвитку освіти з питань безпеки.

4.2. Перспективи розвитку освіти з безпеки на прикладі Польщі

Розвиток української системи освіти з безпеки вочевидь розвиватиметься за такими ж тенденціями як і в країнах найближчого зарубіжжя, а саме в Польщі, Словаччині, Чехії та інших країнах. Ці тенденції можна охарактеризувати як розвиток кількості спеціальностей і спеціалізацій з безпеки.

Зокрема, польські вищі навчальні заклади пропонують велику кількість спеціальностей з питань безпеки, на відміну від українських. Аналіз [19] показав, що у Польщі є 13 спеціальностей³⁴ з різних питань безпеки, а саме:

1. Національна безпека (Bezpieczeństwo narodowe).
2. Безпека держави (Bezpieczeństwo państwa).
3. Внутрішня безпека (Bezpieczeństwo wewnętrzne).
4. Технологія внутрішньої безпеки (Technologia bezpieczeństwa wewnętrznego).
5. Безпека у бізнесі (Bezpieczeństwo w biznesie).
6. Безпека та гігієна праці (Bezpieczeństwo i higiena pracy).
7. Інженерія безпеки праці (Inżynieria bezpieczeństwa pracy).
8. Інженерія безпеки (Inżynieria bezpieczeństwa).
9. Безпека для здоров'я (Bezpieczeństwo zdrowotne).
10. Обороноздатність (Obronność).
11. Економіка Обороноздатності (Ekonomika Obronności).
12. Управління і керівництво (Zarządzanie i dowodzenie).

³⁴ Спеціальність у Польщі називається – напрям.

13. Військознавство (Wojskoznawstwo).

В Україні, абітурієнтам пропонується значно менше спеціальностей, що стосуються питань безпеки. У «Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» подано наступні спеціальності:

1. Державна безпека.
2. Безпека державного кордону.
3. Військове управління (за видами збройних сил).
4. Забезпечення військ.
5. Озброєння та військова техніка.
6. Пожежна безпека.
7. Цивільна безпека.
8. Кібербезпека.

Всі українські спеціальності відносяться до трьох галузей знань:

1. Воєнні науки, національна безпека, безпека державного кордону.
2. Цивільна безпека.
3. Інформаційні технології.

Кількість спеціальностей з безпеки зменшилась в порівнянні з попереднім переліком спеціальностей (напрямів), який був затверджений Постановою Кабінету Міністрів України (КМУ) "Про перелік напрямів, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах України освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр" від 13 грудня 2006 № 1719. Зник самостійний розділ "Безпека" який містив дві галузі знань 1701 "Інформаційна безпека" та 1702 «Цивільна безпека». Галузь знань 1701 "Інформаційна безпека" включала три напрями підготовки: 6.170101 Безпека інформаційних і комунікаційних систем; 6.170102 Системи технічного захисту інформації; 6.170103 Управління інформаційною безпекою. Галузь знань 1702 «Цивільна безпека» включала три напрями підготовки: 6.170201 Цивільний захист; 6.170202 Охорона праці; 6.170203 Пожежна безпека. Відповідно у новому переліку спеціальність «Охорона праці» відсутня.

Проектом переліку магістерських спеціальностей передбачена підготовка професіоналів за спеціальностями 8.17020101 «Цивільний захист», 8.17020102 «Управління у сфері цивільного захисту», 8.17020201 «Охорона праці» (по галузях), 8.17020301 «Пожежна безпека».

Порівняльний аналіз польського та українського переліку спеціальностей показує, що польський перелік значно ширший та охоплює більше напрямків безпеки від питань надзвичайних ситуацій до безпеки здоров'я. Слід зауважити, що безпека для здоров'я не є медичною спеціальністю.

З усіх українських спеціальностей з безпеки зосередимо наш аналіз на спеціальності 263 «Цивільний захист» яка відноситься до галузі 26 «Цивільна безпека» [20].

Аналогом української спеціальності 263 «Цивільний захист» у Польщі можна вважати спеціальності «Національна безпека» (Bezpieczeństwo narodowe) та «Внутрішня безпека» (Bezpieczeństwo wewnętrzne). Спеціальність «Національна безпека» (Bezpieczeństwo narodowe) у Польщі дуже популярна, адже підготовку по цій спеціальності здійснює 61 польський вищий навчальний заклад. В той час як в Україні тільки 14 вищих навчальних закладів веде підготовку студентів за галуззю 26 «Цивільна безпека», яка включає три спеціальності. Натомість у Польщі спеціальність національна безпека включає щонайменше дев'ять спеціалізацій:

1. Кризовий менеджмент (Zarządzanie kryzysowe);
2. Оборонні заходи (Przygotowania obronne);
3. Військова безпека (Bezpieczeństwo militarne);

4. Авіаційна безпека (Bezpieczeństwo lotnicze);
5. Інформаційна безпека (Bezpieczeństwo informacyjne);
6. Національна та міжнародна безпека (National and international security);
7. Національний захист і оборона (Ochrona i obrona narodowa) [21];
8. Пенітенціаристика (Penitencjarystyka) [22],
9. Освіта для безпеки (Edukacja dla bezpieczeństwa) [23].

Фахівці з національної безпеки готуються для потреб структур державного управління, державних і приватних підприємств, неурядових і міжнародних організацій. Фахівці національної безпеки здійснюють управління як у стані повсякденного функціонування, так і у стані кризи та війни. До задач, що повинні вирішувати фахівці з національної безпеки входять питання національної безпеки, оборонної політики, громадської безпеки, кризового управління, системного аналізу та підготовки національної безпеки і оборони, національної мобілізації.

Крім спеціальності національна безпека є ще спеціальність «Безпека держави» (Bezpieczeństwo państwa) фахівців з якої готує лише один вищий навчальний заклад в Польщі – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Raciborzu. Дана спеціальність за даними вищевказаного вищого навчального закладу має дві спеціалізації: громадсько-економічна безпека (bezpieczeństwo społeczno-ekonomiczne) та політико-військова безпека (bezpieczeństwo polityczno-militarne) [24]. Програма даної спеціальності направлена на отримання знань з питань цивільно-військового співробітництва, управління ризиками, прогнозу загроз і організації антикризового управління. Студенти отримують знання про правову основу захисту інформації, загрози інформації в телекомунікаційних системах, захист секретної інформації, охорону авторського права, захист та психологічні аспекти інформаційного пошуку та управління.

Розглянемо наступну польську спеціальність «Внутрішня безпека» (Bezpieczeństwo wewnętrzne), яка відповідає українській спеціальності 263 «Цивільний захист». Ця спеціальність є теж однією з найбільш популярних спеціальностей з безпеки у Польщі. Підготовку студентів за нею проводять 70 вищих навчальних закладів Польщі та їх філій. Ця спеціальність має досить багато спеціалізацій, зокрема:

- ✓ Публічна безпека (Bezpieczeństwo publiczne).
- ✓ Детективістика (Detektywistyka).
- ✓ Кризовий менеджмент (Zarządzanie kryzysowe).
- ✓ Поліція в системі громадської безпеки (Policja w systemie bezpieczeństwa publicznego).
- ✓ Організація порятунку в локальному середовищі (Organizacja ratownictwa w środowisku lokalnym).
- ✓ Управління безпекою в локальному середовищі (Zarządzanie bezpieczeństwem w środowisku lokalnym) [25].
- ✓ Інформаційна безпека (Bezpieczeństwo informatyczne).
- ✓ Контртероризм та спеціальні підрозділи (Kontrotoryzm i jednostki specjalne).
- ✓ Криміналістика і кримінологія (Kryminalistyka i kryminologia).
- ✓ Державна безпека /військова спеціальність/ (Bezpieczeństwo państwa /specjalność wojskowa/) [26].
- ✓ Цивільна безпека (Bezpieczeństwo cywilne) [27].

Спеціальність «Внутрішня безпека» є міждисциплінарним напрямком, який поєднує в собі знання в галузі юридичних, гуманітарних, економічних наук та менеджменту. Спеціалізація відбувається за рахунок вибіркового предметів та розпочинається не раніше третього семестру. Спеціальність «Внутрішня безпека» дає можливість опанувати питання різноманітних аспектів безпеки, в тому числі організації громадського порядку, поліційної роботи, цивільної оборони, економічної та пожежної безпеки [28].

Аналізуючи польські спеціалізації бачимо, що чимало з них відносяться до менеджменту (управління у польському варіанті). Насамперед, це такі спеціалізації, як кризовий менеджмент, управління безпекою в локальному середовищі, публічна безпека, тощо.

5. висновки з даного дослідження і перспективи подальших ДОСЛІЖЕНЬ

Перспективи розвитку освіти із загальних питань безпеки в Україні будуть пов'язані із подальшим розвитком науково-технічного прогресу, впровадженням досягнень ергономіки у виробничий процес. Ці зміни торкнуться, в першу чергу, змістовної частини питань охорони праці. Зміни у питаннях цивільного захисту будуть залежати не тільки від змін у розвитку системи захисту населення, але й від соціально-політичної ситуації в Україні. Зміни у змісті освіти з безпеки життєдіяльності будуть найбільш динамічними, через швидке виникнення нових загроз.

В цілому зміни в освіті з безпеки в Україні, як і в найближчому зарубіжжі будуть пов'язані з впровадженням нових спеціальностей та спеціалізацій з безпеки, а також розширенням кількості специфічних дисциплін з різних аспектів безпеки.

Євроінтеграційні кроки України в недалекому майбутньому сприятимуть аналогічним тенденціям у нашій країні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Буяк Б. Б. Світоглядно-філософські засади інтеграції української вищої освіти у європейський освітній простір// Вісник НТУУ "КПІ". Філософія. Психологія. Педагогіка. Випуск 1. – 2015? – С/ 23-29
2. Програма підготовки фахівців і магістрів з дисципліни "Цивільна оборона". Частина II-V // Програма підготовки студентів вищих навчальних закладів з дисципліни «безпека життєдіяльності» фахівців і магістрів з дисципліни "Цивільна оборона" //Навчальне видання. укладачі В.А. Лук'янчиков, В.В. Мухін, М.М. Яцюк та ін.— К., ІСДО, Частина II-V, 1995. – 87 с.
3. Програма підготовки фахівців і магістрів з дисципліни "Цивільна оборона". Частина II-V // Програма підготовки студентів вищих навчальних закладів з дисципліни «безпека життєдіяльності» фахівців і магістрів з дисципліни "Цивільна оборона" //Навчальне видання. укладачі В.А. Лук'янчиков, В.В. Мухін, М.М. Яцюк та ін.— К., ІСДО, Частина II-V, 1995. – 87 с.
4. Орієнтовна програма нормативної дисципліни цивільна оборона для студентів вищих навчальних закладів освітнього рівня “повна вища освіта” освітнього-кваліфікаційних рівнів “спеціаліст” та “магістр” усіх спеціальностей// Збірник директивних документів з питань викладання нормативних дисциплін "Безпека життєдіяльності", "Основи охорони праці", "Охорона праці в галузі", "Цивільна оборона" у вищому навчальному закладі. — К.: Основа, 2003. – С. 450-459.
5. Запорожець О.І., Садковий В.П. Михайлюк В.О., Осипенко С.І., Войтенко В.В., Гончарук В.Є., Дашковська О.В., Дивак В.В., Заплатинський В.М., Миронець С.М., Применко В.І., Русаловський А.В., Селіванов С.Є., Яремко З.М. Типова навчальна програма нормативної дисципліни "Цивільний захист" для вищих навчальних закладів. // Типові навчальні програми нормативних дисциплін "Безпека життєдіяльності", "Основи охорони праці", "Охорона праці в галузі", "Цивільний захист". – К.: МОНСМ України, 2011. С. 50-72
6. Перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 р. № 266. Електронні ресурс. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-p/page>
7. Орієнтовна навчальна програма дисципліни «Цивільний захист» для вищих навчальних закладів. Для студентів всіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр».

- Укладачі: Заплатинський В. М., Цина А.Ю., Домнічев М.В., Уряднікова І.В., Necas P., Тарасова Т. В., Піскунова Л. Е., Мельник О.В., Шматова О.О., Kazansky R., Нестеренко О.В., Січевий О.В., Храпко Т.А., Куковська І.Л., Galla S., Петухова Т.А., Камрацька О.І. (Під загальною редакцією Заплатинського В.М.). – К.: Вид-во: ФОП Жовтий О.О., 2016. – 23. с.
8. Методичні рекомендації щодо розроблення стандартів вищої освіти. / Схвалено сектором вищої освіти Науково-методичної Ради Міністерства освіти і науки України протокол від 29.03.2016 № 3. – 30 с.
 9. Методичні рекомендації щодо розроблення стандартів вищої освіти. / Схвалено сектором вищої освіти Науково-методичної Ради Міністерства освіти і науки України протокол від 29.03.2016 № 3. – 30 с.
 10. Розпорядження Кабінет Міністрів України від 30 травня 2014 р. N 590-р. Про скасування наказу Міністерства освіти і науки, Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Державного комітету з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 21 жовтня 2010 р. N 969/922/216. Електронний ресурс: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR140590.html
 11. Спільний наказ Міністра освіти і науки України, т.в.о. Міністра України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи та Голови Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 969 /922/216 від 21.10.2010 р. " Про організацію та вдосконалення навчання з питань охорони праці безпеки життєдіяльності та цивільного захисту у вищих навчальних закладах України". // Типові навчальні програми нормативних дисциплін "Безпека життєдіяльності", "Основи охорони праці", "Охорона праці в галузі", "Цивільний захист". – К.: МОНСМ України, 2011. – С. 7-22
 12. Комісії з вищої освіти науково-методичної ради Міністерства освіти і науки України: Довідник / За заг. ред. С.М. Ніколаєнка. — К.: Знання, 2008. — 484 с. ISBN 978-966-346-367-4.
 13. Закон України «Про вищу освіту». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст.2004. Електронний ресурс: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1556-18/>
 14. Кодекс цивільного захисту України № 5403-IV від 02.10.2012. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, №№ 40-44, ст.356. Електронний ресурс: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/435-15>
 15. Запорожець О.І., Садковий В.П. Михайлюк В.О., Осипенко С.І., Бегун В.В., Войтенко В.В., Гладка Л.А., Дашковська О.В., Деревинський Д.М., Заплатинський В.М., та ін. Типова навчальна програма нормативної дисципліни "Безпека життєдіяльності" для вищих навчальних закладів.// Типові навчальні програми нормативних дисциплін "Безпека життєдіяльності", "Основи охорони праці", "Охорона праці в галузі", "Цивільний захист". – К.: МОНСМ України, 2011. – С. 7-22.
 16. Заплатинський В.М. Тенденції розвитку освіти з безпеки життєдіяльності на основі порівняльного аналізу всеукраїнських типових навчальних програм для вищої школи. // Гуманітарний вісник ДВНЗ „Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди: збірник наукових праць. – Переяслав-Хмельницький. 2011. Випуск 23. – С. 90-94.
 17. Zaplatynskiy V. Сравнительный анализ непроизводственных рисков и содержания программы курса «безопасность жизнедеятельности» //Zborník príspevkov z medzinárodného vedeckého seminára „Riadenie bezpečnosti zložitých systémov“ 2013 (elektronická forma). Vydal: Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika, Liptovský Mikuláš. 2013. – St. 484-496 ISBN: 978-80-8040-462-8
 18. Заплатинський В.М. Методичні підходи до розробки типової всеукраїнської програми з безпеки життєдіяльності. // Природничі читання. Фізичне виховання, спорт та здоров'я людини у сучасному суспільстві // Матеріали науково-практичних конференцій. За редакцією – проф. Бойчука Т.М., проф. Мельничука С.В., проф. Івашука О.І., доц. Товкача Ю.В., доц. Проняєва Д.В. – Чернівці: Медуніверситет, 2014. – С. 156-157.

19. Польський пошуковий сайт. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.kierunki.net/bezpieczenstwo>
20. Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти. // Кабінет Міністрів України. Постанова від 29 квітня 2015 р. № 266. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-p>
21. Wydział Bezpieczeństwa Narodowego. Akademia Obrony Narodowej. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://wbn.aon.edu.pl/bezpieczenstwo-narodowe-studia-licencjackie/414>
22. Akademia Pomorska w Słupsku. Instytut Bezpieczeństwa Narodowego. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.bn.apsl.edu.pl/specjalnosci.html>
23. Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.ka.edu.pl/rekrutacja-studia-1-stopnia/wnob/edukacja-dla-bezpieczenstwa/>
24. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Raciborzu. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.pwsz.raciborz.edu.pl/studia/katalog-przedmiotow-ects/informacje-o-programach-studiow/bezpieczenstwo-panstwa.html>
25. Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.ka.edu.pl/rekrutacja-studia-1-stopnia/>
26. Apeiron – Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa Publicznego i Indywidualnego w Krakowie. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.apeiron.edu.pl/studia/studia-i-stopnia/bezpieczenstwo-wewnetrzne>
27. Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa i Ochrony im. Marszałka Józefa Piłsudskiego. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://wsbio.waw.pl/studia-licencjackie/bezpieczenstwo-wewnetrzne>
28. Vasyl Zaplatynskyi, Waldemar Gajda Порівняльний аналіз підготовки фахівців з кризового менеджменту та цивільного захисту у Польщі та Україні // Безпека життєдіяльності і охорона здоров'я дітей і молоді ххі сторіччя: сучасний стан, проблеми та перспективи. // збірник наукових праць. – Переяслав-хмельницький. 2015. – с. 26-33. (273)

І.В. Уряднікова
к.т.н., доц.

В.Г. Лебедєв
д.т.н., проф.

С.М. Чумаченко
д.т.н., с.н.с.

С.В. Кармазін

О.М. Тесленко

В.А. Шойко
к.і.н., доц.

ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІКО-ІМОВІРНІСНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

У статті представлені дослідження та аналіз нештатних ситуацій теплоенергетичних систем критичної інфраструктури за допомогою логіко-ймовірнісної моделі причинно-наслідкових зв'язків відмов системи з відмовами її елементів. Визначено, що позаштатна робота системи водоочищення може бути обумовлена як «внутрішніми» так і «зовнішніми» причинами, які породжують значний ризик того, що на виході системи вода буде недоочищеною. Встановлено, що імовірність ризику при позаштатній роботі системи водоочищення варто аналізувати за допомогою дерева відмов, яке буде графічним представленням причинних взаємозв'язків, отриманих у результаті визначення небезпечних ситуацій у системі в зворотному порядку, щоб знайти можливі причини їхнього виникнення.

Ключові слова: *ризик, теплоенергетичні системи критичної інфраструктури, дерева відмов.*

The paper presents the research and analysis of abnormal situations cogeneration systems of critical infrastructure by means of logical-probabilistic models of causality system failures failures of its elements. Determined that freelance work water purification system can be defined as "internal" and "external" factors that give rise to a significant risk that the output of the system water will nedoochyschenoyu. Found that the probability of risk in freelance work wastewater treatment system should be analyzed using fault tree which is a graphical representation of causal relationships obtained from the definition of dangerous situations in the system in reverse to find possible causes of their occurrence.

Keywords: risk, heat and power systems critical infrastructure, fault tree.

Вперше метод аналізу дерева відмов (fault tree analysis, FTA) був використаний компанією Bell Labs для Військово-повітряних сил США в 1962 році, який на сьогоднішній день набув широкого поширення для аналізу причин відмов статичних систем. Цей метод є частиною національних стандартів таких, наприклад, як стандарт США «MIL-HDBK-217 Reliability prediction of electronic equipment» або російських «Методичних вказівок по проведенню аналізу ризику небезпечних виробничих об'єктів №РД 03-418-01» [1].

Дерево відмов (аварій, подій, наслідків, небажаних подій та ін.) лежить в основі логіко-ймовірнісної моделі причинно-наслідкових зв'язків відмов системи з відмовами її елементів і іншими подіями. При аналізі виникнення відмови, дерево відмов складається з послідовностей і комбінацій порушень і несправностей, і таким чином воно являє собою багаторівневу графологічну структуру причинних взаємозв'язків, отриманих в результаті простеження небезпечних ситуацій в зворотному порядку, для того щоб відшукати можливі причини їх виникнення [1].

Головна перевага дерева відмов у порівнянні з іншими методами полягає в тому, що аналіз обмежується виявленням тільки тих елементів системи та подій, які призводять до даного конкретного відмови системи або аварії, а саме полегшує аналіз надійності складних систем, дозволяє показати в явному вигляді ненадійні місця і дає можливість виконувати якісний або кількісний аналіз надійності системи.

В нашій роботі ми використали методіку побудови дерев відмов на попередній стадії аналізу й оцінки ризику теплоенергетичних систем критичної інфраструктури, а також використаємо її для дослідження нештатних ситуацій в цих системах.

Відмови блоків системи водоочищення можуть бути спричинені не тільки «внутрішніми» проблемами, наприклад зносом елементів, з яких складаються ці блоки, але і зовнішніми причинами, наприклад коливаннями напруги в електромережі, помилками обслуговуючого персоналу і деякими іншими зовнішніми діями – клімат, природні катаклізми тощо.

Всі ці причини спричиняють той або інший ступінь ризику, який необхідно проаналізувати і оцінити.

Нештатні ситуації [2-12], які виникають в системах водоочищення, дуже часто відбуваються через часткові відмови в блоках системи. Розглянути та проаналізувати ці явища можна за допомогою побудови дерева відмов [1].

На рисунку 1 представлено дерево часткової відмови двигуна. Вихідними подіями в цьому випадку можуть бути дві події, забезпечені достатніми даними - «обрив обмотки двигуна» і «зниження сили струму в електромережі», які сполучені логічним знаком «ЧИ». Як правило, такі події обумовлюються певним елементом, і коли вони відбуваються, цей елемент необхідно відремонтувати або замінити. Вихідні події призводять до події «часткова відмова двигуна», а це означає, що двигун може працювати вхолосту (не на повну потужність) або не відповідати своїм технічним характеристикам.

Подія «часткова відмова двигуна» призводить до таких подій, а саме, до подій «відмовлення роботи двигуна», «зниження потужності двигуна» і «часткова відмова насоса».

Як показує практика, усі ці події відбутися одночасно не можуть, тому вони з'єднані логічним знаком «ЧИ». У системі водоочищення ці події призводять до таких подій «порушення технологічного режиму» і «зменшення витрати води», що відбуваються одночасно і з'єднані логічним знаком «І». Витрата води в даному випадку залежить від нормальної роботи двигуна і насоса. Коли відбувається збій у цьому обладнанні, то починає відбуватися збій і в системі водоочищення, що спричиняє вихід неякісної води. Події «порушення технологічного режиму» і «зменшення витрати води» призводять до проміжної події «зниження продуктивності очистки установки» і далі до кінцевої події «вихід неякісної води».

Таким чином, часткова відмова двигуна призведе до збою роботи системи і виходу неякісної води.

На рисунку 2 представлено дерево часткової відмови фільтра. У системі очистки води від грубодисперсних і дрібнодисперсних домішок фільтр відіграє важливу роль. У якості завантаження фільтра використовуються зернисті «сипучі» матеріали. Основною вимогою, що висувається до таких матеріалів, є їхня стійкість в оброблюваній воді. Матеріал не повинен забруднювати воду, оскільки будь-яке, навіть незначне, забруднення води обов'язково призведе до збільшення вартості її очищення. Фільтрувальний матеріал також повинен бути дешевим і легкодоступним.

Вихідними подіями часткової відмови фільтра є події «забруднення фільтрувального матеріалу», «вироблення фільтрувального матеріалу» і «зниження сили струму в електромережі». Усі ці події з'єднані логічним знаком «ЧИ», тому що кожна з них може спричинити подію «часткова відмова фільтра». Згодом фільтрувальний матеріал забруднюється і виробляється, а це означає, що в першому випадку необхідно проводити зворотну регенерацію фільтра, у другому - поповнення фільтрувального матеріалу чи його заміну. Кожний з цих процесів може вплинути на роботу фільтра, що призведе до таких подій як «попадання домішок в очищену воду» і «зниження продуктивності фільтра», з'єднаних логічним знаком «І», тому що ці події відбуваються одночасно.

Переважає більшість фільтрів постійно працює в умовах проскоку чи близьких до проскоку. Тому дуже важливо режим кожної операції вибирати таким чином, аби забезпечувалась необхідна якість очищеної води.

Проміжною подією даного дерева відмов буде подія «порушення технологічного режиму», що спричиняє попадання (чи проскок) у воду грубодисперсних чи дрібнодисперсних домішок і призводить до кінцевої події «зниження якості очищеної води».

На рисунку 3 представлено дерево часткової відмови насоса. Вихідними подіями часткової відмови насоса є «руйнування корпусу та деталей насоса» і «кавітація» - події забезпечені достатніми даними, а також подія «стрибки напруги в електромережі», що детально не розроблена. Усі ці події з'єднані логічним знаком «ЧИ», тому що кожне з них окремо може призвести до події «часткова відмова насоса».

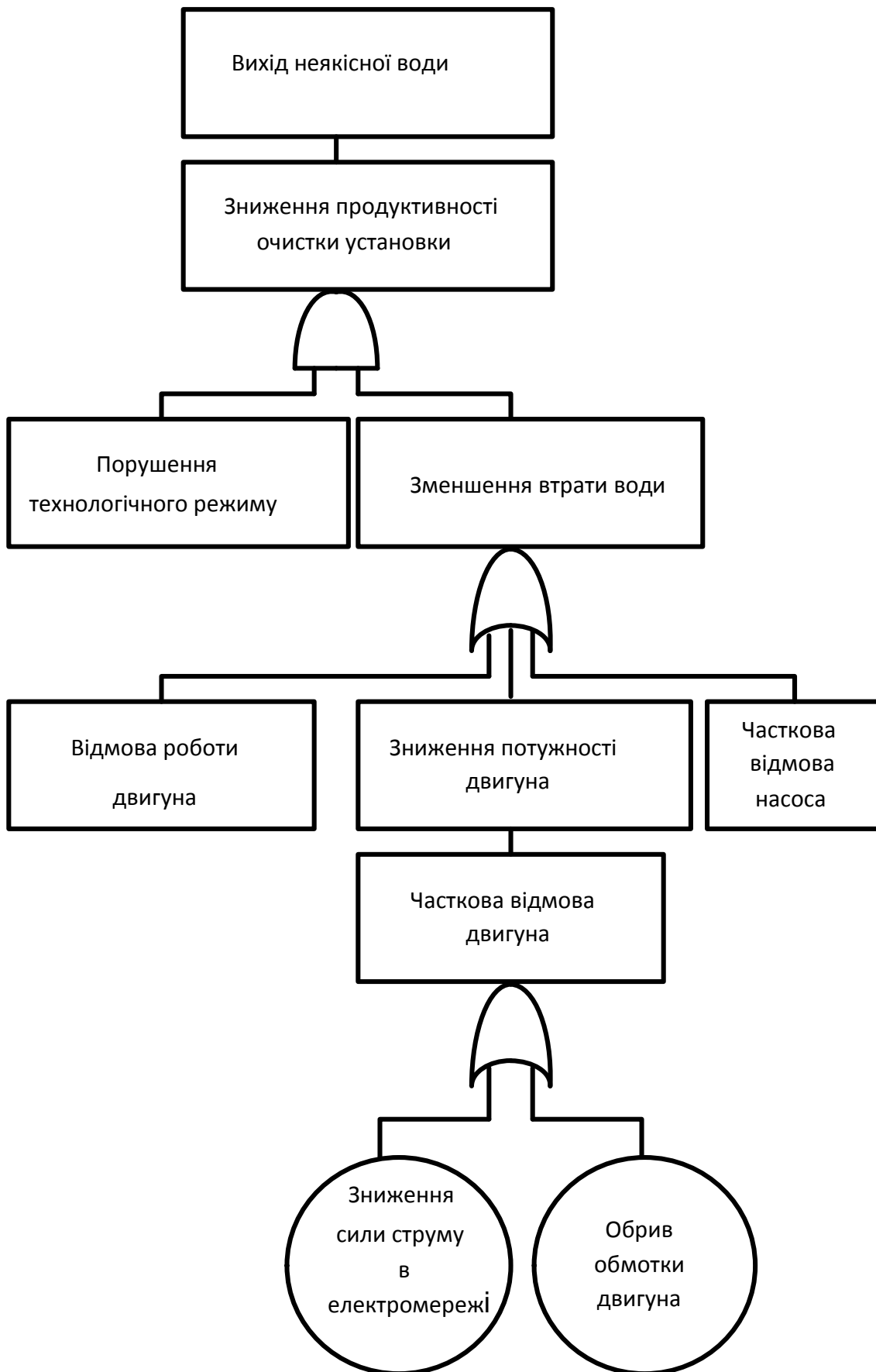


Рис. 1. Дерево часткової відмови двигуна

Руйнування корпусу і деталей може бути спричинено старінням чи зносом і порушенням режимів експлуатації насоса. Ці явища досить добре вивчені і можуть впливати на технічні характеристики насоса [2-4].

Кавітація виникає звичайно там, де тиск падає нижче тиску насичених парів рідини при даній температурі. Особливо схильні до руйнування при кавітації деталі насосів з чавуна й вуглеродистої сталі. Запобігти явищу кавітації можна правильним вибором висоти усмоктування й іншими методами [2-4].

Стрибки напруги в електромережі - явище недостатньо вивчене, і воно може бути спричинене надлишковим струмом у кабелі чи надлишковою напругою в мережі, чи коротким замиканням. Не можна з повною впевненістю стверджувати про причину цієї події, тому що, як вихідна подія, вона показана в ромбі.

Подія «часткова відмова насоса» призводить до подій «зниження ККД», «зменшення подачі», «зниження напору» і «зниження потужності», тобто всі ці події впливають на технічні характеристики насоса. З'єднані всі ці події логічним знаком «І», тому що відбуваються одночасно.

Погіршення технічних характеристик призводить до подій «відмова роботи насоса» і «зменшення витрати води», з'єднаних логічним знаком «ЧИ».

Зміна технічних характеристик насоса не обов'язково призводить до відмовлення його роботи. Насос може і працювати, але обсяг води значно зменшиться. Зменшення витрати води призведе до таких проміжних подій «порушення технологічного режиму» і «зниження ефективності очистки». Ці події з'єднані логічним знаком «І», тому що відбуваються одночасно. Вершиною дерева відмовлень буде подія «зниження якості очищеної води», що неприпустимо в системах водоочищення.

На рисунку 4 представлено дерево часткової відмови водопідігрівача. Вихідними подіями для побудови дерева часткової відмови водопідігрівача будуть дві події: «зниження сили струму в електромережі» і «стрибки напруги в електромережі». Як згадувалося вище, подія «стрибки напруги в електромережі» не досить вивчене явище і може мати різні причини. Друга подія «зниження сили струму в електромережі» може бути спричинена зниженням напруги в кабелі. Ця подія достатньо детально розроблена. Часткову відмову роботи водопідігрівача може спричинити і перша, і друга подія, тому вони з'єднані логічним знаком «ЧИ». Це спричинить проміжні події «порушення технологічного режиму» і «водопідігрівач не забезпечує задану температуру», що з'єднані логічним знаком «І». Ці події відбуваються одночасно, тому що непідтримання заданої температури призводить до порушення технологічного режиму [9,10]. За технологією очищення вода повинна бути визначеної температури, а саме не менш 20 - 35 °С, якщо ця умова порушена, то якість води на виході погіршиться.

Із попередніх двох подій впливає така проміжна подія як «недостатня концентрація хімічних реагентів». У технології електрохімічного очищення недостатньо підігріта вода не буде сприяти утворенню електрогенованого коагулянту. Адсорбція домішок на поверхні електрогенованого коагулянту значно зменшиться, що вплине на якість води, яка очищується. Вершиною дерева відмовлень у даному випадку буде подія «зниження ефективності очистки води». У будь-якому випадку очистка буде здійснюватись, але ефективність очистки знизиться і кількість електрогенованого коагулянту збільшиться [9-12].

На рисунку 5 представлено дерево місцевої відмови в електромережі. Вихідними подіями будуть події «зниження сили струму в електромережі» і «часткове шунтування», з'єднані логічним знаком «ЧИ». Ці події досить добре вивчені і представлені в колі, перша подія вже згадувалася вище.

Шунтування - це добре вивчене в електротехніці явище, якщо є два рівнобіжних провідники якими проходить струм, причому перший провідник має опір більш високий, чим другий.

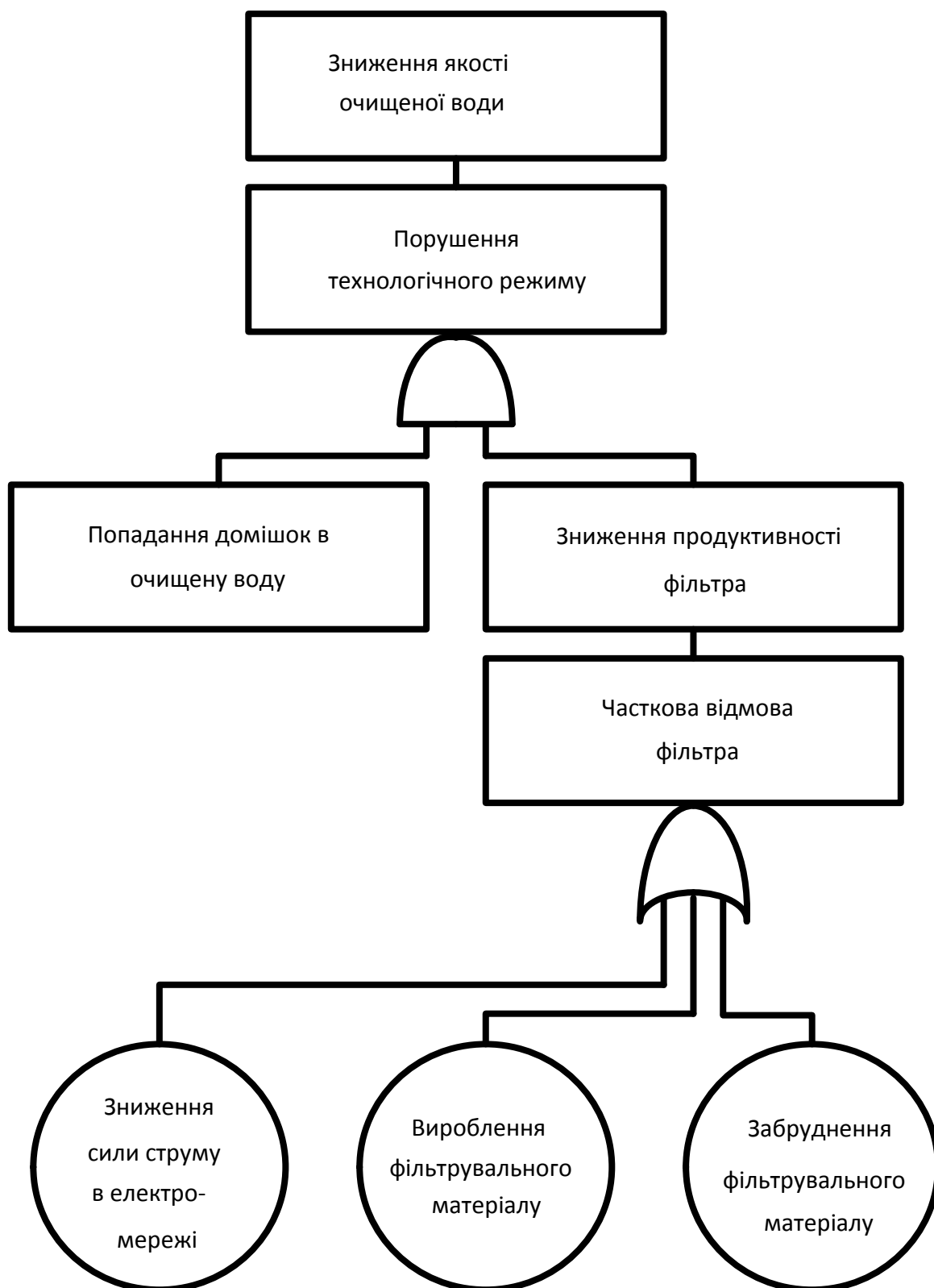


Рис.2. Дерево часткової відмови фільтра.

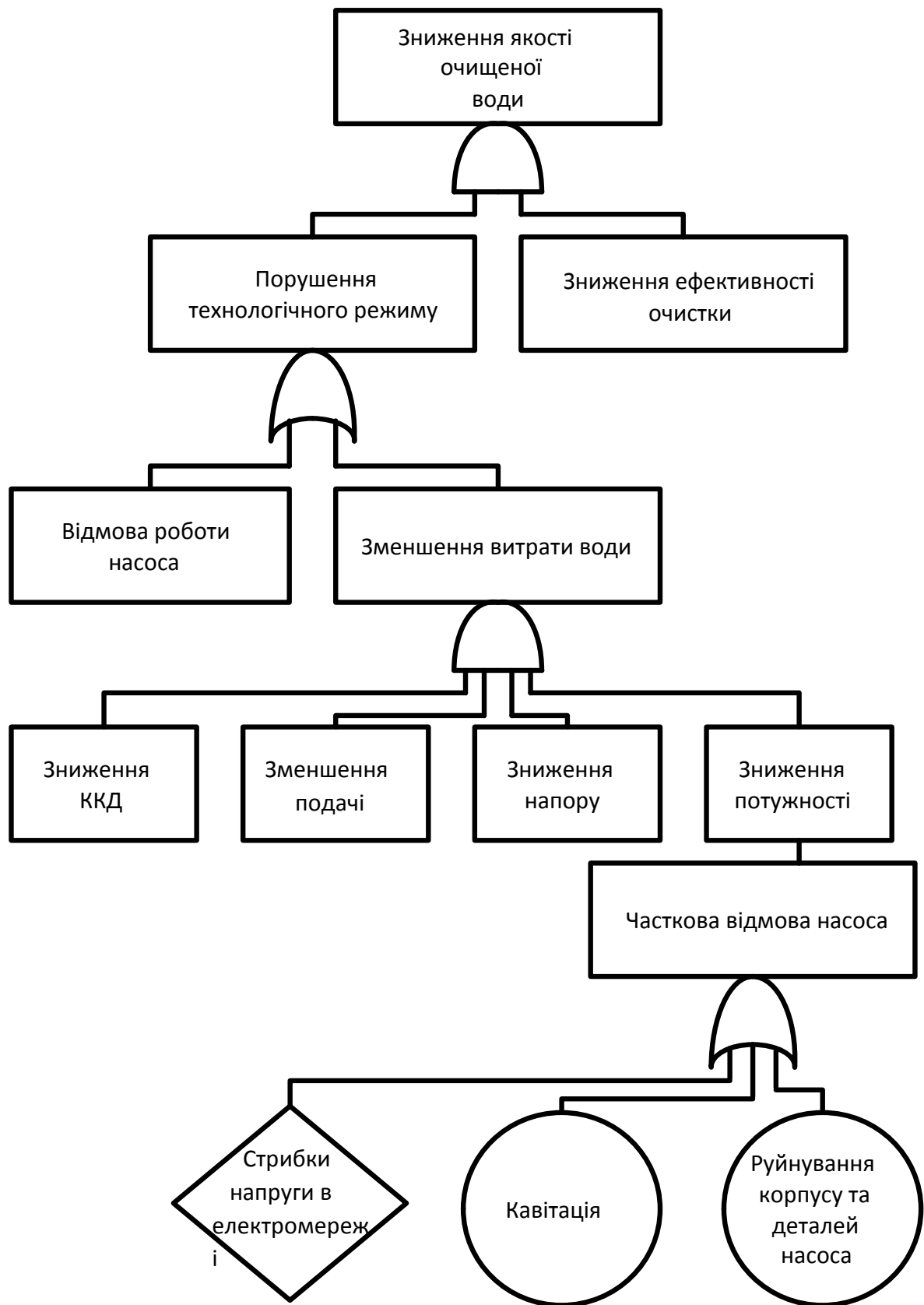


Рис 3. Дерево часткової відмови насоса.

Якщо якимось чином установити перемичку (шунт) між першим і другим провідником, то струм піде по провіднику з меншим опором і сила струму в першому провіднику значно знизиться, відповідно до закону Кірхгофа [13-15]. Якщо перший провідник передає струм

навантаження на який-небудь пристрій, то це стане причиною зупинки цього пристрою. Описане буде вірним, якщо опір шунта буде надзвичайно малим у порівнянні з опором провідників. Якщо ж опір шунта - величина порівнювана з опором провідників, то при утворенні перемички між ними струм між першим і другим провідниками розподілиться відповідно до закону Кірхгофа. При цьому сила струму в першому провіднику може знизитись, але не до такого ступеня, щоб навантаження перестало працювати, а до рівня, аби навантаження почало функціонувати в позаштатному режимі. Такий випадок можна назвати "частковим шунтуванням" провідника, що передає струм на яке-небудь навантаження.

Ці дві події є вихідними для події «місцева відмова в електромережі».

Проміжними подіями в побудові дерева відмовлень для даного елемента будуть події чи «відмова роботи установки», чи «зниження продуктивності установки», з'єднані логічним знаком «ЧИ». Можна сказати, що при зниженні продуктивності установки пропускається менший обсяг води через установку. Проміжними подіями у цьому випадку стануть події «зниження ефективності очистки» і «відсутня очистка води», що з'єднані логічним знаком «ЧИ».

Відмовлення роботи установки може призвести до відмовлення очистки, а зниження продуктивності - до зниження ефективності очистки [2]. У даний момент часу може відбутися тільки одна подія.

Вершиною дерева відмов у будь-якому випадку є подія «вихід неякісної води». Отже, часткове шунтування призводить до роботи установки в позаштатному режимі, у результаті чого знижується ефективність і ступінь очистки води, або до повної її зупинки.

На рисунку 6 представлено дерево часткової відмови блока очистки дисперсних домішок (БОДД).

Вихідними подіями будуть події «часткова відмова насоса», «часткова відмова двигуна» і «місцева відмова в електромережі». Ці події й елементи були досить повно розглянуті вище при побудові дерева відмов кожного з цих елементів і з'єднані логічним знаком «ЧИ». Слід зазначити, що часткова відмова якого-небудь з цих елементів може призвести до такої події «часткова відмова БОДД».

Як згадувалося вище, основним апаратом БОДД у даному випадку є електрокоагулятор [2,5,6]. Неповна робота БОДД приводить до зниження потужності установки, порушення технологічного процесу. З перебоями електроенергії і недоподачі води через часткові відмови насоса і двигуна порушується процес утворення електрогенерованого коагулянту, а це значить, адсорбція домішок на поверхні електрогенерованого коагулянту буде проходити не повно. Ступінь очистки знизиться і показники якості води не будуть відповідати нормативним даним.

Проміжні події «порушення технологічного процесу», «зменшення продуктивності БОДД» і «зменшення інтенсивності видалення домішок» з'єднані логічним знаком «І», тому що відбуваються одночасно і можуть призвести до кінцевої події дерева відмов – «вихід неякісної води».

Варто зробити висновок, що часткова відмова роботи блока очистки дисперсних домішок призведе до влучення забруднень у пароводяні тракти ТЕС і ТЕЦ і порушення технологічного режиму.

На рисунку 7 представлено дерево часткової відмови блока очистки розчинних домішок (БОРД). Основним апаратом блока очистки розчинних домішок є фільтр тонкої очистки [2].

Вихідними подіями можуть бути події «часткова відмова водопідігрівача», «часткова відмова насоса» і «місцева відмова в електромережі». Усі ці події з'єднані логічним знаком «ЧИ», тому що кожне з них може бути причиною такої події «часткова відмова БОРД».

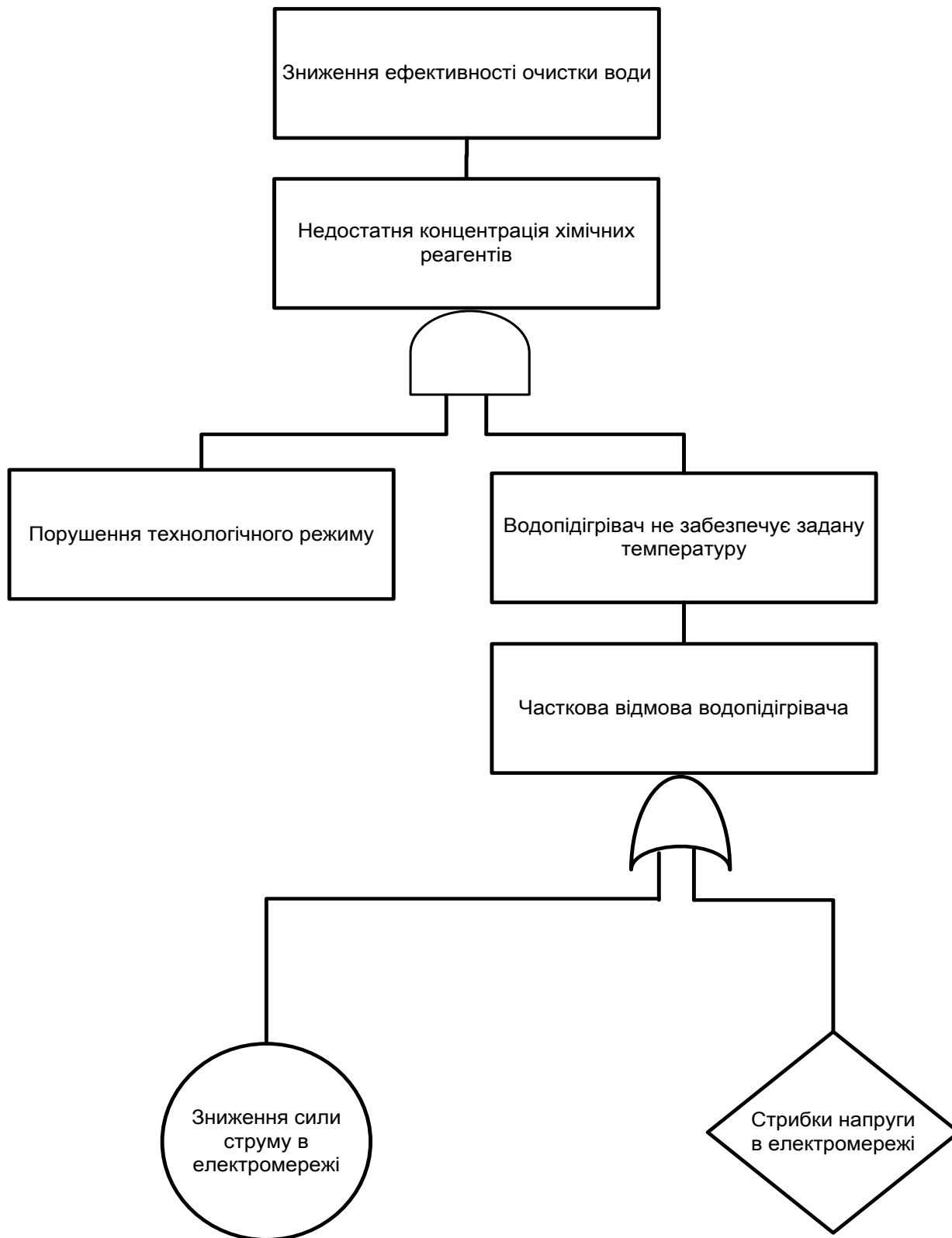


Рис 4. Дерево часткової відмови водопідігрівача.

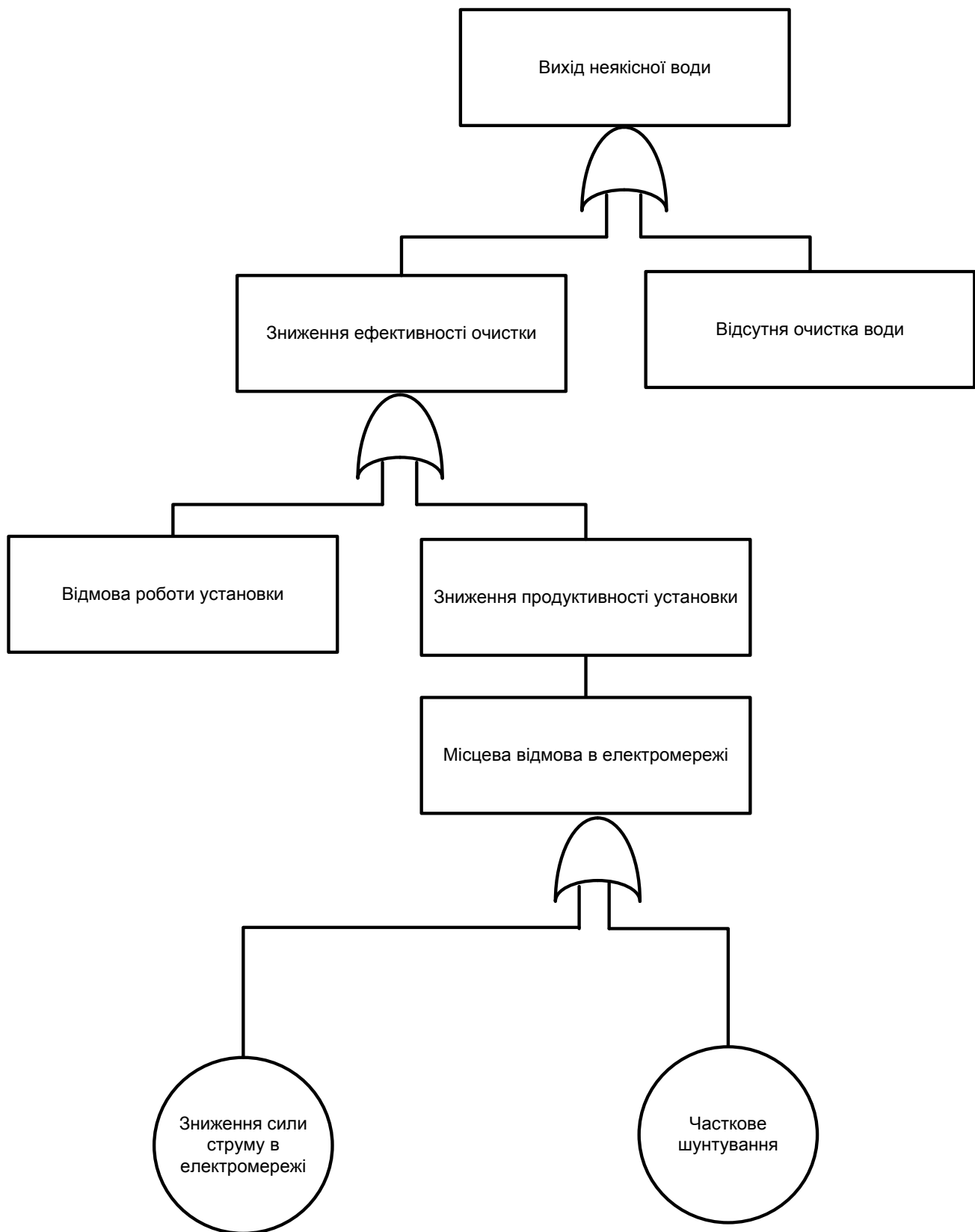


Рис 5. Дерево місцевої відмови в електромережі.

Вихідні події були досить повно розглянуті вище при побудові дерева відмовлень кожного з цих елементів. Необхідно відзначити, що часткова відмова водопідігрівача призведе до порушення технології очистки, відповідно до якої вода повинна подаватися на установку очистки з заданою температурою. Часткова відмова насоса і місцева відмова в електромережі

призведуть до того, що вода на установку буде надходити в меншій кількості, чим передбачено технологічним режимом.

Проміжними подіями є події «зменшення кількості вхідної води на фільтр», «недостатній підігрів води» і «зменшення кількості вхідної води», з'єднані логічним знаком «І». Усі ці події будуть відбуватися одночасно.

Зменшення кількості вхідної води на фільтр знижує його продуктивність [2]. Недостатній підігрів води порушує технологію процесу очистки. Це призводить до таких подій: «зменшення продуктивності установки» і «порушення технологічного режиму». Ці події відбуваються одночасно і з'єднані логічним знаком «І».

Кінцевими подіями даного дерева відмов будуть події: «відсутня очистка розчинних домішок» і «вихід неякісної води».

Слід зазначити, при побудові дерева часткової відмови блока очистки розчинних домішок часткове відмовлення елементів вихідних подій обов'язково призведе до виходу неякісної води і порушення технологічного режиму.

Необхідно також розглянути побудову дерева відмов помилок оператора [9,10]. На початковій стадії аналізу розглядаються найбільш ймовірні чи критичні події. В міру просування аналітичної роботи можна включати усе більш рідкі чи менш ймовірні події.

Але для спрощення розуміння і побудови дерева відмов на більш рідкі чи менш ймовірні події ми зважати не будемо.

На рисунку 8 представлено дерево відмов помилок оператора.

Вихідними подіями «помилки оператора» будуть події: «вплив природних явищ», «часткова відмова двигуна» і «місцева відмова в електромережі», з'єднані логічним знаком «ЧИ».

Подія «вплив природних явищ» відбувається досить рідко і є добре вивченою, але, оскільки вона іноді стається, в побудові дерева відмов ця подія враховується. Дві інших події вже були описані вище.

«Помилка оператора» спричиняє такі проміжні події: «аварійний перемикач розімкнутий», «відмова сирени» і «відмова аварійного блокування». Усі ці події відбуваються одночасно, тому на схемі вони з'єднані логічним знаком «І». Оператор може не помітити відмову автоматичного аварійного блокування і відмову сирени, не включити аварійний перемикач, що є грубим порушенням посадових обов'язків і техніки безпеки [9].

Відмовлення аварійних елементів призведе до події «часткова відмова насоса» чи до події «відмова БОРД», чи до події «відмова БОДД». У схемі всі ці події з'єднані логічним знаком «ЧИ», тому що не обов'язково, аби всі три події сталися в даний момент часу.

Кінцевими подіями в даному дереві відмов будуть події «порушення технологічного режиму» і, як наслідок, «відсутня очистка води».

Варто зробити висновок, що професійність оператора на установці забезпечує якість виконаної роботи і дотримання правил охорони праці і техніки безпеки.

Таким чином, використання методу аналізу дерева відмов сприяє ретельному аналізу причин відмов технічних систем і вироблення найбільш ефективних заходів для їх усунення. Такий аналіз проводять для кожного періоду функціонування, кожної частини або системи в цілому.

Висновки

1. Позаштатна робота системи водоочищення може бути обумовлена як «внутрішніми» так і «зовнішніми» причинами. Ці причини породжують значний ризик того, що на виході системи вода буде недоочищеною.

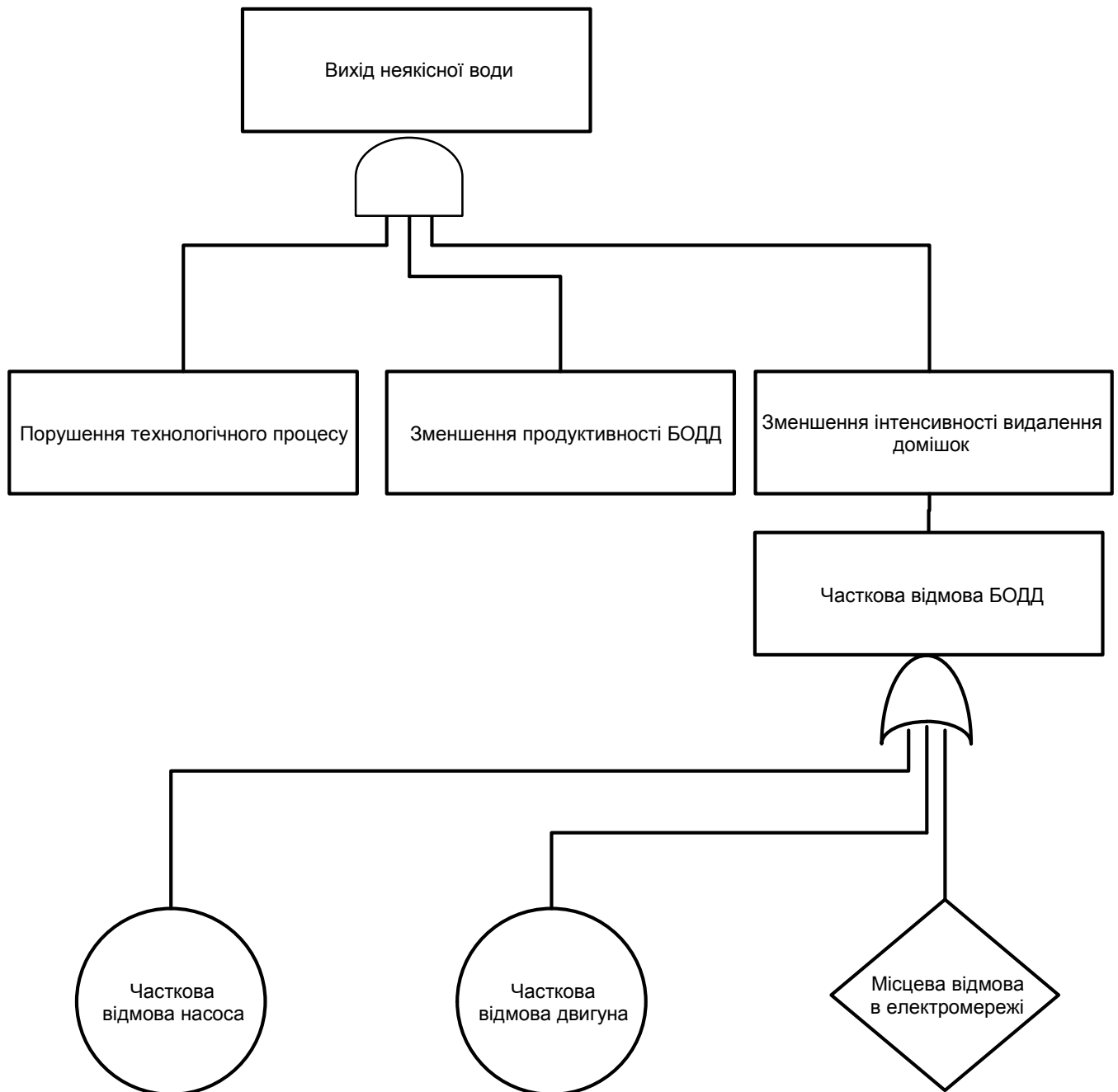


Рис 6. Дерево часткової відмови БОДД.

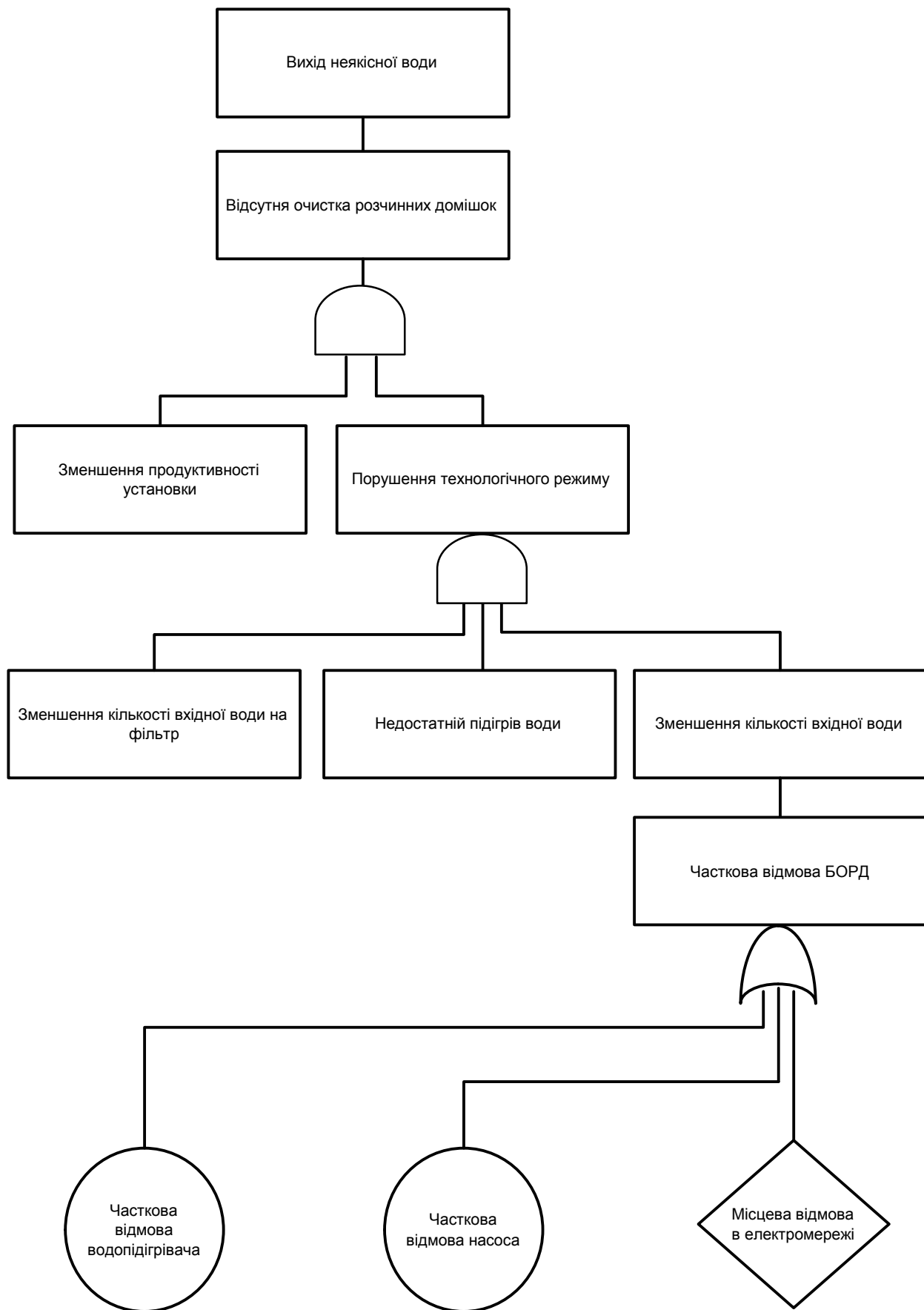


Рис 7. Дерево часткової відмови БОРД.

2. До «внутрішніх» причин можна віднести часткові відмовлення блоків і елементів системи, а також вихід цих блоків і елементів із устанавленого режиму роботи.

3. Зважаючи на те, що ймовірність часткових відмов блоків і елементів вища, ніж ймовірність повних відмов, ймовірність роботи системи в позаштатному режимі, а отже й ймовірність ризику може бути значною.

4. До «зовнішніх» причин, що обумовлюють позаштатну роботу, можна віднести сезонні коливання рівня забруднення води на вході, коливання напруги в електромережі і помилки обслуговуючого персоналу. Ймовірність цих подій досить велика і, отже, існує досить велика ймовірність ризику.

5. Оскільки перераховані ймовірнісні події є спільними, тобто поява однієї події не виключає появи іншої події чи групи подій, сумарна ймовірність буде залежати від підсумовування згаданих ймовірностей і ймовірність ризиків, спричинених позаштатною роботою системи водоочищення може бути вищою, ніж ймовірність ризиків, спричинених відмовами блоків і елементів системи.

6. Помилкова команда може бути визначена як неробочий стан елемента через помилку оператора чи сигнал перешкоди, і часто не потрібно проведення ремонту для повернення елемента до робочого стану. Таким чином, помилкова команда існує тоді і тільки тоді, коли існує неправильна команда. Кількісна оцінка помилкової команди зводиться до розгляду неправильної команди. Фактично неправильні команди, такі як «відмова в мережі електроживлення» чи «мимовільні зовнішні перешкоди», з'являються як вихідні події.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хенли Э.Дж.. Надежность технических систем и оценка риска: пер.с англ./ Хенли Э.Дж., Кумамото Х. — М.: Машиностроение, 1984.—528 с.
2. Уряднікова І.В. Аналіз позаштатних ситуацій, що виникають через часткові відмовлення блоків системи водоочищення / Інга Вікторівна Уряднікова // Холодильна техніка і технологія. – Одеса, 2006. - № 3 (101). – С. 59 – 66.
3. Уряднікова І.В. Побудова дерев відмовлень віртуальної системи водоочищення на попередній стадії аналізу і оцінки ризиків / І.В. Уряднікова, В.Г. Лебедев, С.О. Ізотов, Р.О. Ніколова // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2006. - № 1 (99). - С. 39 - 49.
4. Степанов Н.Н. Гидравлические машины / Николай Николаевич Степанов. – Киев.: Вища школа, 1978. – 152 с.
5. Уряднікова І.В. Виявлення джерел небезпеки методом попередньої оцінки ризиків при роботі електрокоагуляційної установки / І.В. Уряднікова, В.Г. Лебедев // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2005. - № 1 (93). - С. 53 - 56.
6. Уряднікова І.В. Количественное прогнозирование частных рисков работы электрокоагуляционного оборудования / Инга Викторовна Уряднікова // Вісник ОДАБА. - Одеса, 2004. - Вип. № 17. - С. 268 - 275.
7. Уряднікова І.В. Электроимпульсное измельчение графита для изготовления пористых электродов электрокоагуляционной очистки воды в целях стабилизации социальных и экологических рисков / Инга Викторовна Уряднікові // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Науково-технічний збірник. - К.: КНУБА, 2004. - Випуск 7. - С. 82 - 93.
8. Уряднікова І.В., Новицкая Н.М. Математическая модель кинетики диспергирования графита используемого в пористых электродах электрокоагуляторов для уменьшения экологических рисков в процессе очистки воды // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2004. - № 1 (87). - С. 49 - 53.

9. Урядникова І.В. Количественная оценка ошибки обслуживающего персонала при работе на электрокоагуляторе / Инга Викторовна Урядникова. - Наукові вісті НТУУ "КПІ". – Київ, 2004. - № 4(6). – С. 41 – 43.
10. Урядникова І.В., Лебедев В.Г. Некоторые проблемы определения рисков в системах водоочистки сточных вод ТЭС, ТЭЦ и АЭС / И.В. Урядникова, В.Г. Лебедев // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2003. - № 3(83). - С. 37 - 40.
11. Назарян М.М. Электрокоагуляторы для очистки промышленных стоков / Назарян М.М., Ефимов В.Г. - Харьков: Вища школа, 1983. - 142 с.
12. Пат. 31413 Україна, МПК 6 С 02 F 1/46. Спосіб очистки води/ Н.М. Новицька, І.В. Урядникова, М.М.Назарян. – N 98084602; Заявл. 26.08.1998; Опубл. 15.12.2000, Бюл. № 74-ІІ.
13. Урядникова І.В. Диспергирование графита электроимпульсными высоковольтными разрядами в условиях модифицирования структуры / Инга Викторовна Урядникова // Вісник ОДАБА. - Одеса, 2004. - Вип. № 13. - С. 198 - 204.
14. Урядникова І.В. Дезагрегация и стабилизация высокодисперсного графита в водных растворах при электроимпульсной обработке / И.В. Урядникова, Н.М. Новицкая. // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2004. - № 3 (89). - С. 47 - 50.
15. Урядникова І.В. Электроимпульсное диспергирование водных суспензий графита ступенчатым повышением энергии импульса / И.В. Урядникова, Н.М. Новицкая. // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2004. - № 2 (88). - С. 49 - 55.

С.В. Мацера
студент
Національного технічного університету України
«Київського Політехнічного Інституту»

Е.О. Брень
студент
Національного технічного університету України
«Київського Політехнічного Інституту»

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ В ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА БАЗІ ГІБРИДНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

***Анотація.** В роботі розглядається концепція вирішення розроблення зондувального апарату для навколишнього середовища. А саме уже існуючі шляхи вирішення цієї проблеми і наш варіант вирішення її. Також наведенні недоліки і переваги даної системи.*

Ключові слова: *система моніторингу, навколишнє середовище, зондування, гібридні літальні слова.*

Matsera S.
student
National Technical University of Ukraine
"Kiev Polytechnic Institute"

Brenham E.
student
National Technical University of Ukraine
"Kiev Polytechnic Institute"

MONITORING SYSTEM SETTING ENVIRONMENT AND VIDEO SURVEILLANCE NEAR EMERGENCIES BASED ON HYBRID DRONES

***Abstract:** The concept of solution development probing system environment. That is the already existing solutions to this problem and our solution to it. Also hovering advantages and disadvantages of the system.*

***Keywords:** system monitoring, environmental sensing, aerial, hybrid words.*

Швидка зміна клімату і висока забрудненість оточуючого середовища, в останні роки суттєво вплинула на ризик виникнення природних, техногенних надзвичайних ситуацій (НС). Також зважаючи на те, що у країні проводиться антитерористична операція на Донбасі, існує ризик виникнення НС воєнного характеру. У зв'язку з цим виникла гостра потреба повітряного спостереження при виконанні професійних завдань у сфері цивільного захисту. Це реалізується за рахунок використання пілотованої та безпілотної авіаційної техніки зі встановленим корисним навантаженням (інфрачервоною камерою, засобами збереження інформації). Однією з проблем є невелика тривалість польоту літального апарату, а отже і обмеженість у безперервному моніторингу НС. Для вирішення цього питання пропонується розробка гібридного безпілотної ЛА на базі суміщення основних режимів польоту квадрокоптера та дирижаблю.

В цьому напрямку існує багато розробок, в тому числі і вітчизняні такі як:

- А1-С «Фурия»;
- «Кажан-1»;
- People'sDronePD-1.

Ці безпілотні літальні апарати використовуються в антитерористичній операції, проте можуть бути застосовані і в цивільних цілях. Мають конструкцію планера і можуть пересуватись на великі дистанції, понад 30 км, обладнані спеціальними камерами для аерозйомки, а їхні системи управління перешкодостійкі. Але серед великої кількості плюсів, існує суттєвий мінус - високу ціну (понад 800 тис. грн.).

Іншою більш дешевою альтернативою є квадрокоптери. Вони використовуються для різноманітних задач від доставки їжі до рятувальних операцій. Можуть зависати над об'єктом, дешеві у побудові і легкі в управлінні. Проте можуть знаходитись у повітрі малий проміжок часу. Від 10-30 хвилин залежно від моделі.

Ще одним з доволі цікавих варіантів є безпілотні ЛА с сонячними панелями. Наприклад: американська компанія TitanAerospace продемонструвала прототип свого БПЛА на сонячних батареях - Solara 50, який, за заявами виробника, зможе знаходитись в повітрі до 5 років. Даний апарат буде курсувати на висоті близько 20 тисяч метрів і вести фотозйомку поверхні або виконувати роль атмосферного супутника. Розробники з Titan Aerospace планували перший політ в 2014 році. Варто відзначити, що у їхньої концепції може виявитись багатообіцяюче майбутнє. В поєднанні з квадрокоптером можливе суттєве підвищення часу перебування його в повітрі, але для отримання достатньої кількості енергії необхідна велика площа сонячної панелі.

Варіант побудови гібридного БПЛА має свої переваги. По перше, створення такого літального апарата вийде дешевше за інші. По друге, простота у створенні, можливий варіант з удосконаленням вже існуючого квадрокоптера. По третє, можливість зависати над необхідною зоною для спостереження та низька енергозатратність. Але з перевагами з'являються і недоліки. Наприклад низька швидкість, погана маневреність, недовговічність, сильна залежність від погодних умов складність при посадці.

Задумка полягає в тому, щоб створити дешевий літаючий засіб, спроможний тривалий час утримувати своє положення у просторі, а також оснастити його камерою для фотоаерозйомки і додати інфрачервону камерою для виявлення пожеж на торф'яних болотах. Він повинен легко керуватись напівавтоматичному режимі, де пілот дистанційно задає координати і керує камерою ЛА.

Є два шляхи вирішення поставленої задач: перший більш легкий метод – модернізація уже існуючого квадрокоптера до гібридного. В цьому варіанті ми використовуємо уже готову конструкцію з готовою системою управління і камерою, додаємо до неї канал управління інфрачервоною камерою і прикріплення власноруч сконструйованого аеростата. Також потрібно буде ввести деякі корективи до його закону управління, оскільки в нього зміниться його математична модель руху. Інший варіант більш складний - створення з різних комплектуючих, майже з нуля. Він має мало переваг і більше мінусів, оскільки вартість не зміниться суттєво, бо більшу частину його вартості займає не сам квадрокоптер, а його камера і її стабілізація. Їх розробка і створення в рамках цього проекту не є раціональними- займуть багато часу і інтелектуальних ресурсів. А до плюсів варто віднести те що можливо більш оптимально підібрати комплектуючі під поставленні задачі

Також необхідно звернути увагу на енергію, а саме на акумулятор, він також є дорогим, особливо якщо у нього велика ємність. Можливо використання сонячних панелей то що. Але сонячні панелі повинні бути великої площі, можливий варіант коли аеростат виконаний с прозорого матеріалу, склопластику наприклад, у формі збиральної лінзи фокусі якої буде знаходитись сонячна панель, це дозволить підвищити коефіцієнт корисної дії (ККД) сонячної панелі. Також самі двигуни можна повертати, щоб змінювати напрямок вектору тяги. Це

збільшить маневреність літального апарату, але суттєво ускладнить розробку цього літального апарата. Без цього реалізація системи управління можлива за допомогою керування швидкістю обертання кожного з двигунів.

Напрямок повороту гвинтів у квадрокоптерах вибирається не випадково. Якщо всі гвинти будуть обертатись в одну сторону одночасно то і квадрокоптер почне повертатись у протилежну сторону. Для управління цим ефектом двигуни обертаються в різні сторони, по парно. Регулювання швидкістю обертання цих двигунів, а саме сповільнення, або прискорення однієї цих пар дозволить плавно розвернути квадрокоптер в потрібному нам напрямку. Нахил квадрокоптера регулюється таким самим чином. Безпосередньо цим процесом керує польотний контролер.

Аеростат збільшить опір квадрокоптер і вже як згадувалося раніше це сповільнить рух коптера. Опір розраховується за книжкою В.П. Гусиніна «Кероване Повітроплавання». Після отримання приблизних значень (теоретичних) необхідно буде провести експерименти для визначення реальних значень коефіцієнтів опору. Також не варто і забувати і про моменти інерції, які будуть збільшуватись від «прикріпленого повітря», іншими словами повітрям яке буде прилипати до зовнішньої обшивки аеростату.

В цьому БПЛА підйомну силу будуть створювати і підйомну силу і гвинти і аеростат. Долю кожного з них вибирається виходячи з необхідних технічних характеристик. Оскільки збільшення аеростата приводить до зменшення маневреності літального апарата, збільшення вартості обслуговування ЛА і зменшення його надійності, а якщо збільшити роль двигунів то це призведе до великих енергозатрат, що суттєво зменшить час польоту безпілота. Отже треба вибрати оптимальні параметри виходячи з конкретної задачі.

Висновки

Підведемо підсумки, в будь-якому випадку розробка такого апарата є доволі вигідною і з економічної точки зору і технічної. Оскільки він буде і більш пристосований під конкретні умови оскільки створений під конкретну задачу і вийде дешевше. І він є необхідним для сучасної України через глобального потепління клімату, що може стати фактором який підвищує вірогідність виникнення пожег на торф'яних болотах тощо.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Руденко Т.Е. Аналитический обзор авиационных конструкций 1939 - 1945 гг. : Справ. пособие / Т. Е. Руденко. - К. : Логос, 2001. - 672 с. - Библиогр.: с. 644-655 - рус.

2. Екологія Підручник / С.І. Дорогунцов, К.Ф. Коценко, М.А. Хвесик та ін. — К.: КНЕУ, 2005. -371 с

УДК 614.256

С.М. Чумаченко

д.т.н., с.н.с.

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДІЦЗ)

В.В. Троцько

к.в.н., с.н.с.

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДІЦЗ)

ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ НА ТОРФОВИЩАХ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ І ВИРОБЛЕННЯ ШЛЯХІВ ЙОГО ЗНИЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АНАЛІТИЧНИХ МЕРЕЖ

У статті здійснено оцінку ризику виникнення пожеж на території торфовищ Київської області. Для оцінки використовувався графоаналітичний метод, реалізований з використанням оболонки QGis. На підставі статистичних даних про пожежі на торфовищах у період з 12.06.2015 р по 14.11.2015 р була створена карта виникнення підповерхневих загорянь і площ горіння торфу. Для розробки підходів щодо зниження ризику виникнення і поширення масштабних пожеж на торфовищах Київської області використаний метод аналітичних мереж – ANP-process.

Ключові слова: *ризик, пожежі, торфовища, Київська область, ГІС-технології, метод аналітичних мереж*

Sergiy Chumachenko

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

Ukrainian Research Institute of Civil Protection (UkrRICP)

Volodymyr Trotsko

Ph.D(Military), Senior Researcher

Ukrainian Research Institute of Civil Protection (UkrRICP)

APPROACH TO RISK ASSESSMENT OF FIRES IN PEATLANDS IN KIEV REGION AND DEVELOPING WAYS OF REDUCTION USING BY ANP-PROCESS

The article carried out assessment of the risk of fires in the peat bogs of the Kiev region. To assess of risk was used graphic-analytical method that implemented using QGis shell. For creating the map of underground fires and peat burning were used the statistical information in the time from 12/06/2015 until 14/11/2015. For developing approaches for the prevention of the emergence and spread of large-scale fires in peatlands, Kiev region was used ANP-process.

Key words: *risk, fires, peatlands, Kiev region, GIS-technologies, ANP-process*

Актуальність

Протягом 2010-2015 років кількість пожеж на торфовищах в Україні істотно збільшилася. Особливу небезпеку являють собою пожежі, які відбуваються поблизу великих міст. Такі пожежі завдають істотних екологічних і економічних збитків, викликаючи крім усього іншого цілий ряд захворювань у людей через смог, який огортає великі площі, продовжуючи висіти над містами тривалий час.

У зв'язку з цим актуальним є питання оцінки ризику виникнення пожеж поблизу великих міст. Для України найбільшим містом біля якого виникають торф'яні пожежі є Київ. У 2015 році на території Київської області виникло понад 70 торф'яних пожеж, більшість яких відбувалося в районі густонаселених територій, що призвело до істотного збільшення кількості захворювань і негативним чином вплинуло на транспортну обстановку в містах області.

Аналіз попередніх досліджень

Ряд дослідників в Україні та за кордоном вивчали питання виникнення та боротьби з пожежами на торфовищах, а також розробляли підходи до їх математичного моделювання. [1,2]. Заслуговує на увагу також дисертаційна робота японського дослідника в якій вивчені технічні можливості боротьби з пожежами на торфовищах в тропічних лісах [3].

Не дивлячись на значний обсяг досліджень в зазначених роботах системно не вироблені підходи до вирішення проблеми виникнення пожеж на великих площах територій поблизу міських агломерацій.

Метою статті є розроблення підходу до оцінки ризику виникнення пожеж на торфовищах з подальшим його застосуванням для вирішення ряду практичних завдань з мінімізації наслідків від цього явища поблизу крупних міст.

Зміст статті

Території торфовищ у Київській області пропонується розглядати як площинний техногенно небезпечний об'єкт. Техногенна природа торфовищ Київської області обумовлена створенням штучного середовища шляхом осушення значних ділянок заболоченої місцевості в районах ряду малих річок. Заболочена місцевість з високим вмістом торфу опинилася під впливом інтенсивної меліорації протягом 40-70 років минулого століття. Це призвело до утворення ряду техногенно небезпечних територій на яких періодично внаслідок пересушування ґрунту утворюються осередки горіння торфу. Причинами займання торфу є самозаймання в результаті хімічних процесів, випадкові або навмисні підпали населенням, блискавки.

Проблема виникнення пожеж на торфовищах і боротьби з ними відноситься до категорії складних внаслідок дії великої кількості факторів, що обумовлюють пожежі та обмежують заходи із запобігання і ліквідації. До таких факторів належать - значна площа території розташування торфовищ, специфіка виникнення і горіння підповерхневих пожеж, продовження діяльності людини на територіях торфовищ і ряд інших. Однією і складових частин рішення проблеми пожеж на торфовищах є завдання оцінки ризику виникнення пожеж. Для вирішення цього завдання авторами були проаналізовані статистика пожеж в період з 12.06.2015 по 14.11.2015 рр. – найбільш інтенсивного горіння торфовищ протягом останнього десятиліття.

На основі цієї статистики розроблений підхід до оцінки ризику виникнення пожеж на торфовищах Київської області і здійснено вироблення шляхів щодо його зниження. Підхід містить в собі наступні етапи.

1. На основі геопространственного розподілу вогнищ виникнення пожеж була здійснена оцінка зон ризику з використанням оболонки QGIS [4]. Послідовність оцінки наступна.

Були визначені всі осередки пожеж на торфовищах Київської області в період з 12.06.2015 по 14.11.2015 з нанесенням їх на карту. Кожен шар карти являє собою масив осередків пожеж, що відбувалися за добу. За кожним осередком закріплена таблиці населених пунктів поблизу яких відбувалося горіння з фіксацією площі території, охопленій пожежею, рис. 1. Фіксація пожеж проводилася не щодня, а через нерегулярні періоди, відповідно до інформації, яка подавалася в мережі Інтернет.

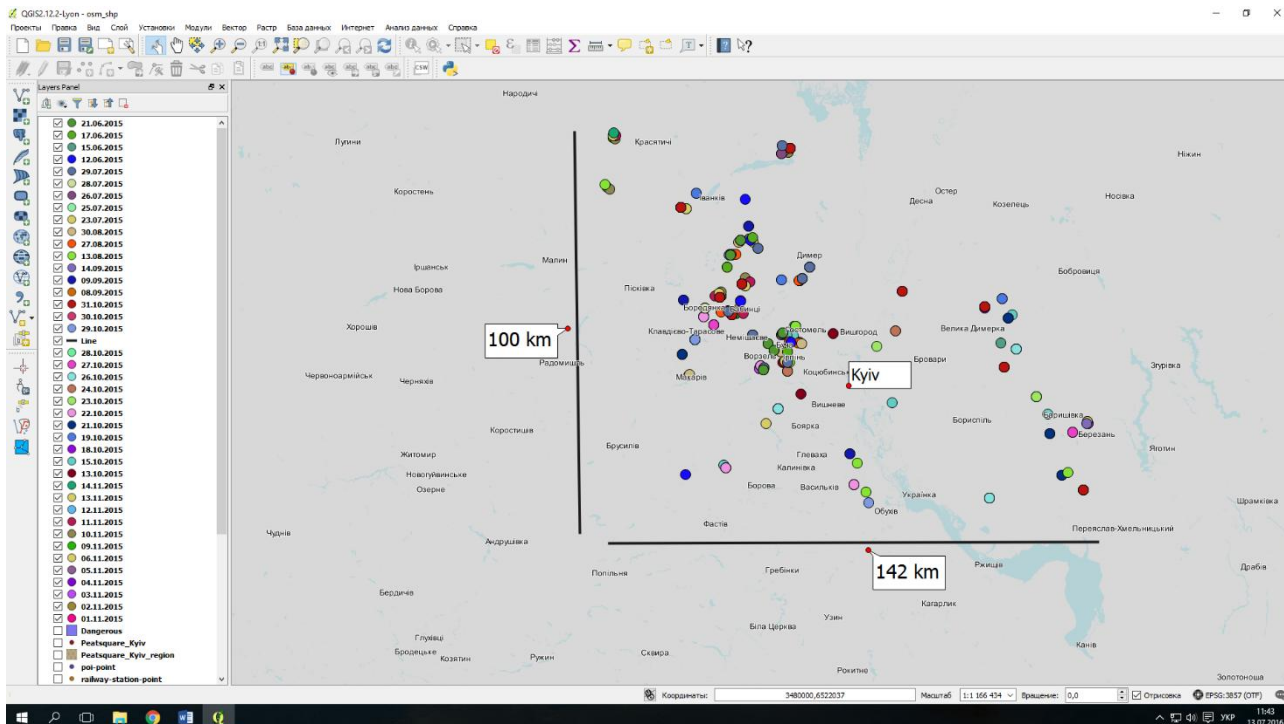


Рис. 1 – Місця горіння торфовищ Київської області в період з 12.06.2015 по 14.11.2015 рр.

2. Після фіксації місць пожеж за допомогою засобів QGIS була оцінена площа кожного вогнища горіння шляхом картографічної візуалізації. Це дало можливість окреслити ті території на яких знаходилися скупчення вогнищ. Загальна площа таких територій становила 245 гектарів.

3. За допомогою графічних засобів QGIS були окреслені ділянки скупчення вогнищ горіння в досліджуваній період. Для розрахунку площ окреслених ділянок використовувалися засоби Google Map. Загальна площа окреслених ділянок склала близько 1427 км².

4. Для кожної окресленої ділянки скупчення пожеж був здійснений розрахунок площ горіння, представлений в табл. 1. Відповідно до таблиці до ділянок з максимальними площами горіння відносяться тільки три з дев'яти. На цих ділянках горіло 87% площ торфовищ, і вони займають 61% всіх площ ділянок.

Таблиця 1 – Розподіл площ горіння за окресленими ділянками пожеж

№ ділянки з/п	Площа окресленої ділянки, км ²	Площа горіння торфовищ, га	% від загальної площі всіх ділянок	% від загальної площі горіння
1	381,78	110	26,74	44,89
2	294,78	76	20,65	31
3	200	25	14,01	10,2
4	5,51	6	0,39	2,44
5	16,21	5	1,14	2,04
6	45,13	3	3,16	1,22
7	311	8	21,78	3,26
8	20,67	8	1,45	3,26
9	152,6	4	10,69	1,63

Проведений часовий аналіз підтвердив, що ділянки з максимальними площами горіння одночасно є і ділянками з найбільш часто виникаючими пожежами. Результати часового аналізу представлений в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати аналізу за часом виникнення пожеж на кожній із ділянок

Ділянки /П	Кількість виникнення пожеж в період з 12.06 по 14.11.2015 рр						Всього за період
	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	
1	2	4	8	3	7	3	25
2	4	6	8	1	8	0	27
3	1	0	0	0	4	2	7
4	0	0	0	0	2	1	3
5	0	0	1	0	2	1	4
6	0	0	0	0	1	1	2
7	0	1	0	0	1	1	3
8	0	0	0	0	2	1	3
9	0	0	0	0	0	1	1

Таким чином, зазначені три ділянки можна віднести до ділянок з підвищеним ризиком виникнення торф'яних пожеж на території Київської області. У графічному вигляді ці ділянки показані на рис. 2 де вони виділені більш темним кольором. Столпчики на рис. 2 показують площі горіння торфовищ на ділянках.

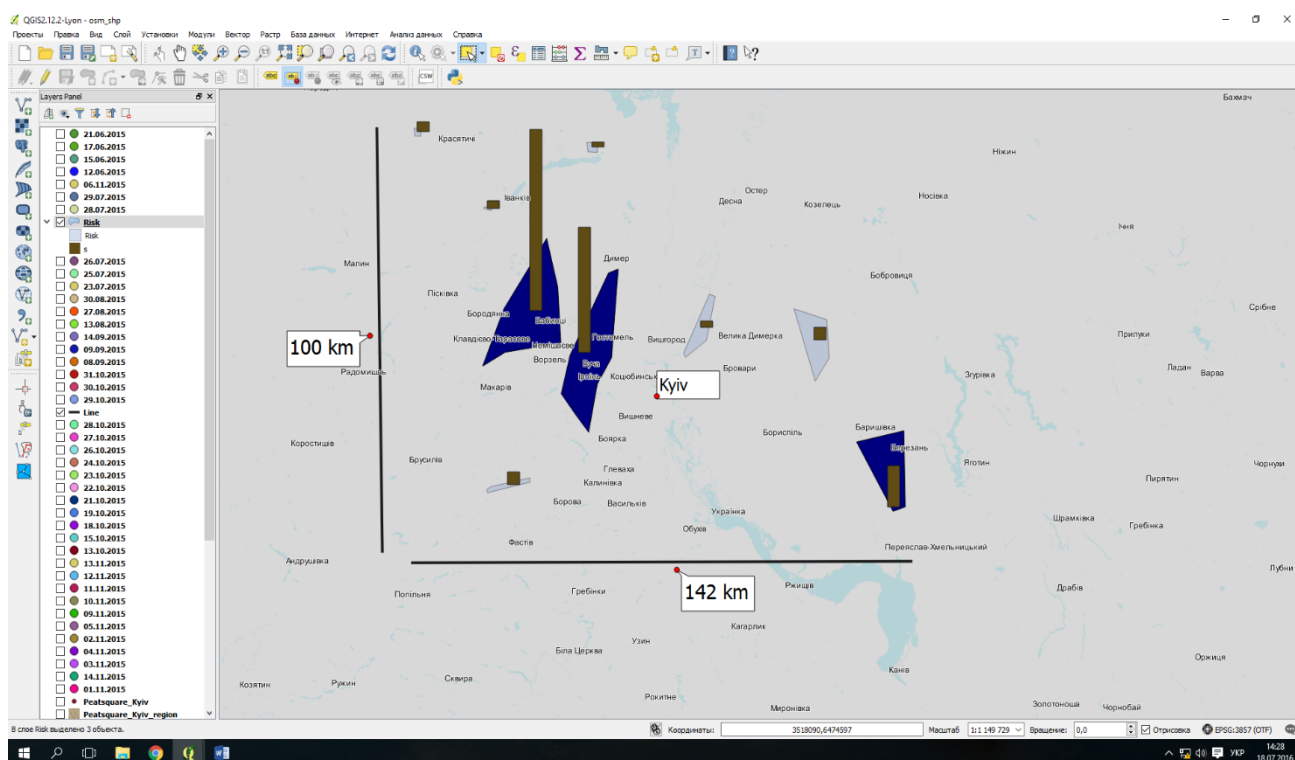


Рис. 2 – Ділянки з підвищеним ризиком виникнення пожеж на торфовищах Київської області за результатами горіння в період з 2.06.2015 по 14.11.2015 рр.

5. Отримані результати оцінки ризику виникнення пожеж на торфовищах дозволили розробити стратегію вирішення проблеми з використанням аналітичної моделі методу аналітичних мереж (ANP-process) [5]. Послідовність розробки стратегії полягала в наступному.

Здійснено розробку можливих альтернативних варіантів або сценаріїв вирішення проблеми. До таких сценаріїв були віднесені.

Сценарій №1 – проведення комплексу відновлювальних робіт на всіх ділянках з підвищеним ризиком виникнення пожеж з метою позбавлення від пересихання торфових площ. Цей сценарій передбачає повернення всіх або більшої частини торфовищ, розташованих на ділянках ризику до первинного стану заболоченості. Це повинно мінімізувати ризик виникнення масштабних пожеж на ділянках з високим ризиком. Однак, як свідчить практика повністю уникнути виникнення пожеж навряд чи вдасться. Сильною стороною цього сценарію є можливість відновлення зруйнованого природного середовища до стану близького до природного, що може не тільки знизити ризик виникнення пожеж, а й повернути біорізноманіття на окремі території. До слабких місць цього сценарію слід віднести високу вартість проведення робіт, які передбачають проведення попередніх наукових досліджень.

Сценарій №2 - удосконалення існуючої системи моніторингу та реагування на виникнення пожеж на торфовищах. Цей сценарій передбачає створення на основі вже існуючої більш дієвої системи моніторингу, яка б дозволяла своєчасно виявляти осередки пожеж та здійснювати їх гасіння. Удосконалення мабуть має передбачати створення ємностей з водою або водойм, а також полегшення доступу до цих ємностей пожежних бригад. Важливим елементом також є удосконалення системи оповіщення населення про пожежі на певних територіях з метою уникнути можливих жертв і збитків. Сильною стороною такого сценарію є менший масштаб проведення робіт в порівнянні з першим сценарієм. Крім того, сучасні засоби мобільного зв'язку дозволяють здійснювати більш ефективно виявлення пожеж, в тому числі і з залученням краудсорсингу. До слабкій стороні даного сценарію слід віднести низьку ефективність в умовах кліматичних аномалій. При виникненні великої кількості пожеж на значних площах як це було в проаналізованій період, враховуючи специфіку підземного горіння впоратися з палаючими підземними пожежами досить важко.

Сценарій №3 - є комбінацією двох попередніх і передбачає проведення як відновлювальних робіт, так і удосконалення системи моніторингу. Втілення цього сценарію в життя потребує додаткового вивчення умов, які існують на ділянках з підвищеним ризиком виникнення пожеж. Сильною стороною такого сценарію є найбільша ефективність, оскільки використовуються можливості відразу двох способів вирішення проблеми, проте цей сценарій також є і найдорожчим.

Для оцінки описаних сценаріїв було сформовано мережу, рис. 3, складовими кластерами якої були - населення, політика і фінансування.

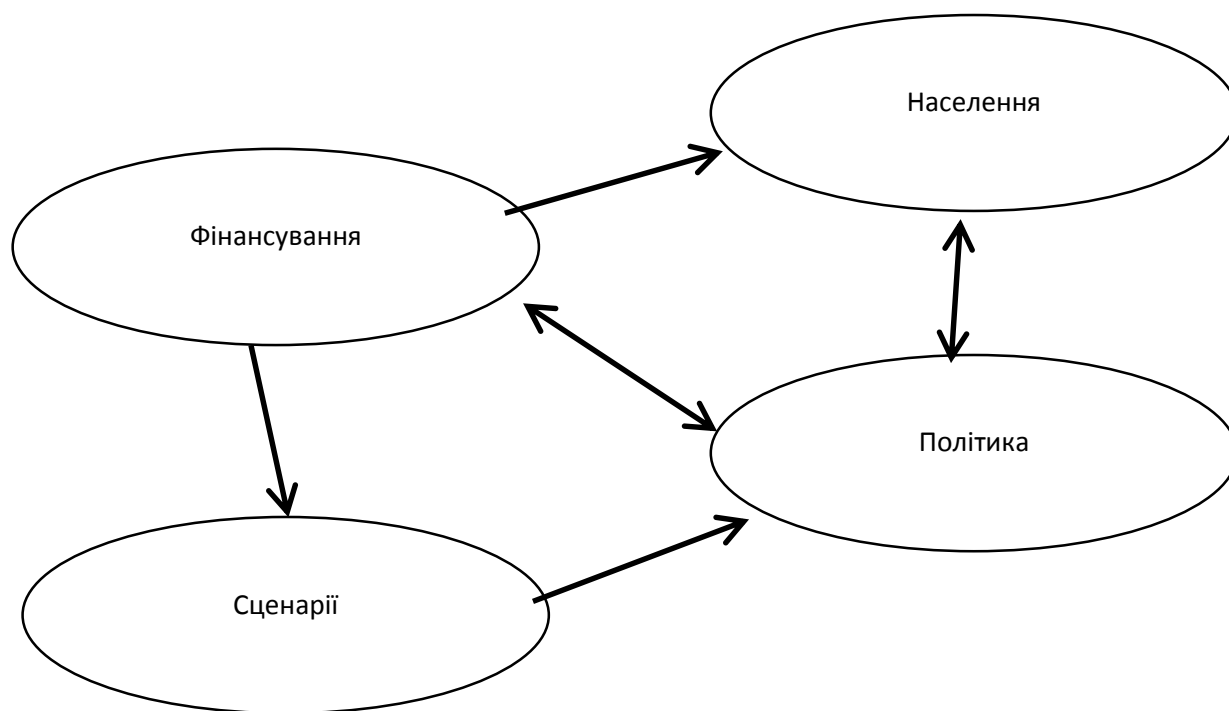


Рис. 3 – Мережа для оцінки сценаріїв вирішення проблеми пожеж на торфовищах Київської області

Зміст кластерів (кластер “Сценарії” вже описаний) на рис. 3 наступне.

Населення (населення яке проживає на ділянках з підвищеним ризиком виникнення торф’яних пожеж):

- забезпечення належного рівня охорони здоров'я населення під час реалізації того чи іншого сценарію. Означає мінімізацію проблем для здоров'я проживаючих на ділянках ризику людей, пов'язаних зі змінами екосистеми, таких, наприклад, як поява заболочених територій і т.д;

- вирішення низки проблем населення, в першу чергу, проблеми зайнятості. Під час реалізації обраного сценарію можуть виникнути проблемні питання, пов'язані зі зміною способу життя людей. Це може породити ряд незручностей, а також вплинути на зайнятість працівників сільськогосподарського сектора. У зв'язку з цим необхідно буде вирішувати проблему зайнятості;

- забезпечення належних умов проживання населення після вирішення проблеми з торфовищами. При реалізації окремих сценаріїв вирішення проблеми частина населення може істотно постраждати внаслідок підтоплення площ. Необхідно буде забезпечувати належні умови проживання.

Політика (цілі, які переслідує влада області та м. Києва при вирішенні проблеми):

- забезпечення політичної стабільності в області та у м. Києві. В ході реалізації наведених сценаріїв одним із пріоритетних завдань влади великого міста і прилеглих до нього районів буде необхідність уникнути ексцесів, які можуть виникнути у зв'язку з рішенням правових, економічних та інших питань.

- збереження і за можливості зміцнення іміджу влади. Ефективне вирішення проблеми пожеж на торфовищах київської області може зміцнити імідж влади, особливо на місцях, де люди будуть відчувати себе більш захищеними. У той же час недоліки і критичні витрати при вирішенні цієї проблеми можуть істотно підірвати авторитет як окремих представників влади, так і певних політичних партій;

- уникнути конфліктів на місцях під час вирішення проблеми. Виконавча влада повинна буде уникати конфліктів з місцевим населенням під час вирішення проблеми, а в разі їх виникнення швидко і безболісно вирішувати їх.

Фінансування (фінансове забезпечення сценаріїв вирішення проблеми):

- обсяг фінансування для проведення відновлювальних робіт. Розрахований обсяг фінансування на відновлювальні роботи, що включає насамперед меліорацію, а також всі роботи, пов'язані з реалізацією обраного сценарію;

- фінансування проведення досліджень на місцях. Включає витрати на технічне забезпечення досліджень, залучення та оплату експертів, а також інші види фінансового забезпечення, пов'язані з дослідженнями за перерахованими сценаріями;

- фінансування компенсацій населенню, яке проживає на територіях ділянок з найбільшим ризиком виникнення пожеж. Проведення масштабних робіт на значних територіях потребують вирішення питань, пов'язаних з фінансовими компенсаціями частини населення, яке зазнає збитків;

- можливості із залученню інвесторів до фінансування вирішення проблеми. Значну частину робіт під час вирішення проблеми з пожежами на торфовищах Київської області можуть допомогти виконати спонсори, в першу чергу міжнародні організації, а також приватні компанії, які ведуть підприємницьку діяльність на ділянках з підвищеним ризиком.

Експертна оцінка за зазначеними вище сценаріями здійснювалася з використанням комп'ютерної програми, що реалізує ANP-process. Це дозволило істотно скоротити обсяг обчислень при проведенні порівнянь і розрахунках суперматриці в порівнянні з обчисленнями, які проводяться на MS Excel. Метод аналітичних мереж досить широко відомий в науковому середовищі [6] і, тому немає необхідності приводити базові формули і основні положення. Слід лише зазначити, що в даній публікації використано найпростіший, ілюстративний приклад використання методу аналізу мереж для прийняття рішення зі складного питання. Практична ж реалізація цього методу для вирішення такої складної проблеми зниження рівня ризику досить трудомістка, і судячи з усього, потребує використання технології BOCR,

описаної в [5]. На рис. 4 показана мережа з результатом проміжних порівнянь, а на рис. 5 результат оцінки сценаріїв вирішення проблеми пожеж на торфовищах Київської області. Згідно з проведеними оцінками, максимальне перевагу в рішенні проблеми зниження ризику пожеж на торфовищах Київської області віддано сценарію №3.

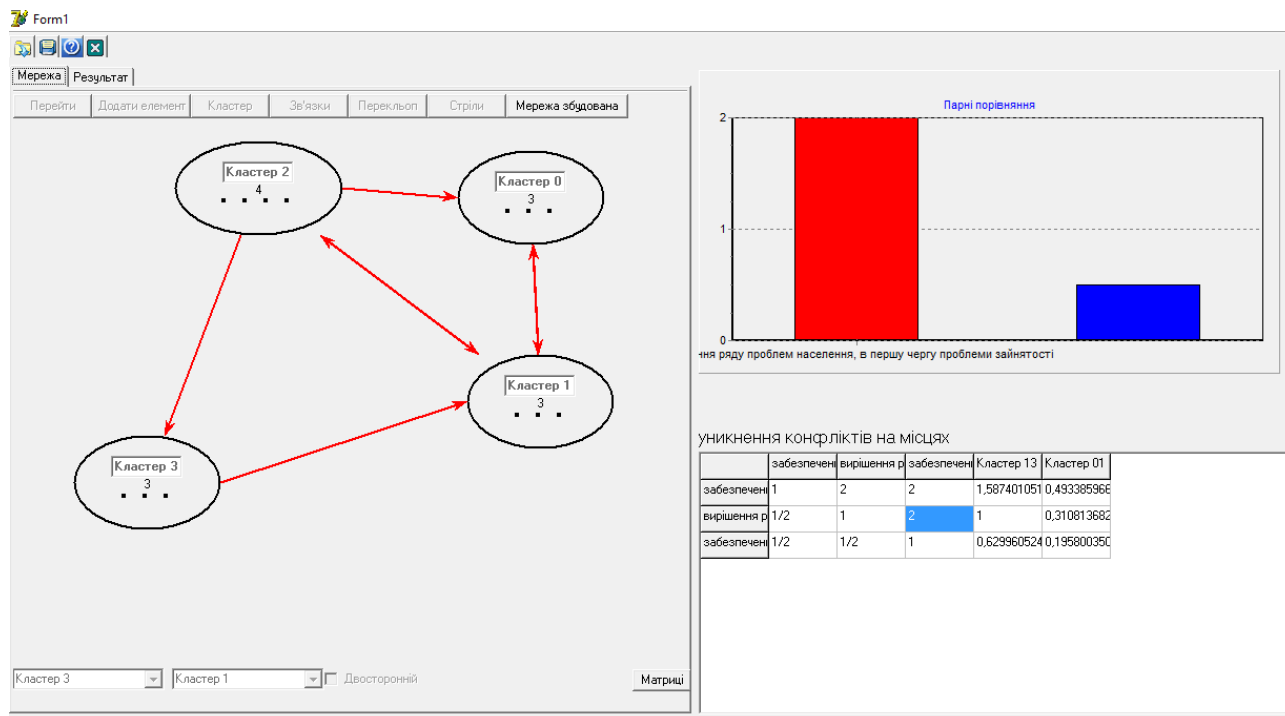


Рис. 4 – Фрагмент програми з мережею і результатом парних порівнянь в одній із матриць

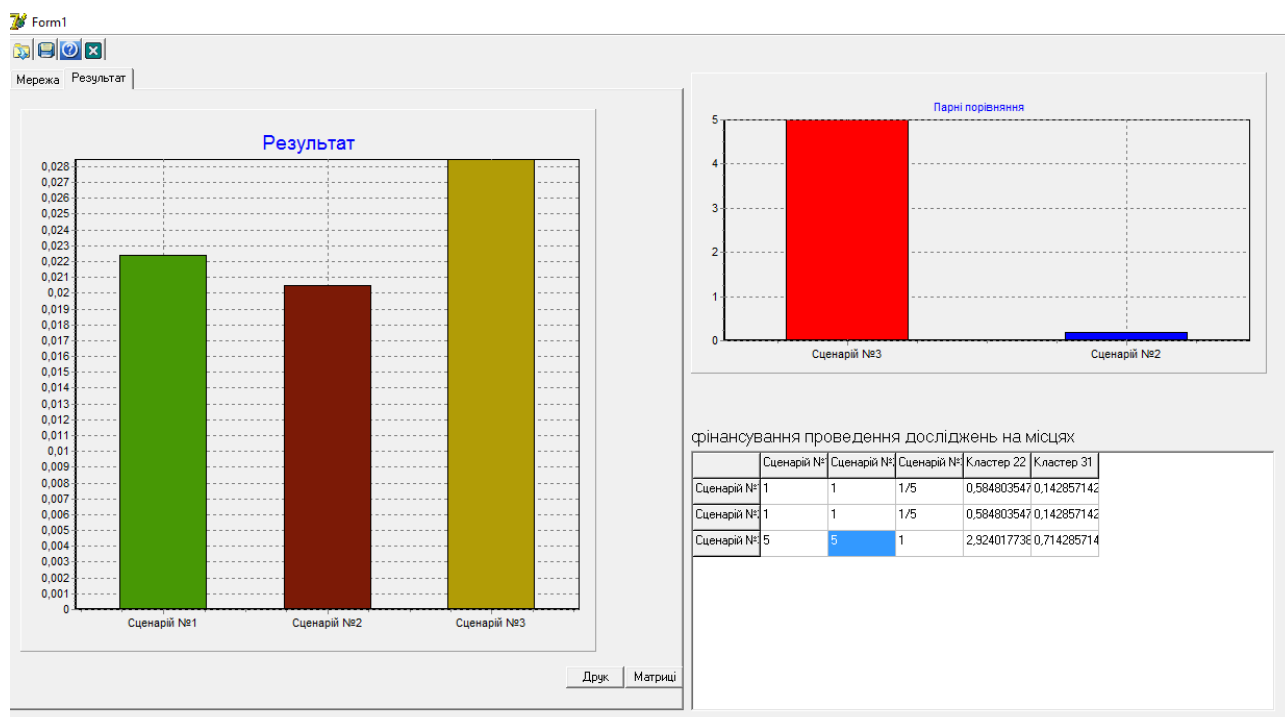


Рис. 5 – Результат оцінки сценаріїв вирішення проблеми на комп'ютерній моделі

Після того, як відповідний сценарій зниження ризику обраний необхідно провести ряд консультацій, організаційних заходів і ретельних технічних розрахунків для його реалізації.

Висновки

Наведений в статті підхід до оцінки ризику виникнення пожеж на торфовищах і вироблення шляхів його зниження є універсальним, оскільки об'єднує в собі прості

можливості відкритої комп'ютерної оболонки QGIS і доступних обчислювальних процедур, які можна проводити в електронних таблицях. Статистика, щодо пожеж і площ горіння також є загальнодоступною. Отже, подібний підхід з оцінки ризику пожеж на торфовищах може бути застосований і в інших областях України, які мають аналогічні проблеми, обумовлені періодичними пожежами на торфовищах.

Розвиток запропонованого підходу передбачає більш широке використання ГІС-технологій в сукупності з аналітичними методами розрахунків, які дозволять враховувати гідрологічні, рельєфні та інші особливості місцевості і оцінити вплив цих особливостей на виникнення пожеж на торфовищах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воробьев Ю. Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов; Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева; МЧС России. — М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. — 312 с.

2. А.М. Гришин О математическом моделировании торфяных пожаров / Вестник томского государственного университета №3(4). —2008. — С. 85-94 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-matematicheskom-modelirovanii-torfyanyh-pozharov>

3. Rony Teguh Study on monitoring system for forest fires based on wireless sensor networks. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy // [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/57258/1/Rony_Teguh_abstract.pdf

4. Учебник Quantum GIS [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://wiki.gis-lab.info/w/%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_Quantum_GIS

5. Принятие решений при зависимостях и обратных связях : анализ. сети / Т. Л. Саати ; пер. с англ. О. Н. Андрейчиковой ; науч. ред.: А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. - Москва : URSS, 2007. - 357 с.

6. Analytic network process [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_network_process

О.П. Кутовий
к.т.н., с.н.с.

Б.А. Ворович
к.в.н., с.н.с.

ШОДО СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ І КОНТРОЛЮ (АСУК) НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ (ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК ГІС ДСНС)

Наведено результати досліджень стану, можливостей та обмежень що існують в сучасній ГІС ДСНС, запропонована нова структура автоматизованої системи управління і контролю надзвичайними ситуаціями, надані пропозиції щодо її реалізації та застосування.

Ключові слова: надзвичайні ситуації, геоінформаційна система, моніторинг, надзвичайні ситуації, інформаційно-телекомунікаційної система множинного доступу, цифрова, рельєфна карта місцевості.

Сучасні ГІС які використовуються у ДСНС спираються на роботу в межах міжнародних геоінформаційних систем ARCGIS і QGIS, які носять тільки демонстративний характер без застосування цифрових карт місцевості. Слабким місцем такої ГІС є неможливість оперативного нанесення та відображення реальної обстановки, а також налагодження моніторингу в режимі ONLIN. Основні характеристики ARCGIS і QGIS наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики геоінформаційних систем ArcGIS і QGIS

Показник	QGIS	ArcGIS
Вартість	QGIS, GRASS, SAGA, як і серверний продукт GeoServer та решта - це безкоштовні для комерційного використання системи з відкритим сирцевим кодом (Open Source), що розповсюджується під ліцензією GNU.	ArcGIS — пропрієтарна система з закритою платною ліцензією. Вартість версії для ПК комерційного використання складає 245000 - 490000 грн , а серверної версії 700000 - 1400000 грн .
Операційні системи	Windows, Mac OSX, Linux, BSD, Android	Лише Windows
Імпорт-експорт	Підтримується величезна кількість форматів даних, що можуть розширюватися безкоштовними додатками	Обмежена кількість форматів, що підтримуються
Розширення	Величезна бібліотека безкоштовних розширень.	Вбудовані можливості, більшість доступних розширень платні.
Інструменти	Загалом з встановленими основними розширеннями список налічує 770 інструментів з можливістю безмежного розширення.	Групи та кількість інструментів значною мірою залежать від випуску.

АСУК НС, що пропонується лишена вищенаведених недоліків, а саме:

- застосовується сучасна цифрова, рельєфна карта місцевості всієї держави;
- простота нанесення поточної інформації за допомогою банку даних про склад сил, засобів, їх характеристик, класифікаторів умовних позначок, формулярів на кожен підрозділ ДСНС;
- простота зміни розмірів позначок та знаків;
- можливість пошарового відображення потрібної поточної інформації;
- простота передачі, отримання та обробки поточної інформації про стан районів надзвичайних ситуацій з метою якісної підтримки прийняття управлінських рішень;
- наявність можливості моделювання наслідків надзвичайних ситуацій з метою тренування щодо прийняття якісних управлінських рішень.

Для мінімізації фінансових витрат та прискорення реалізації запропонованого програмного продукту, а також досягнення певної уніфікації пропонується застосовувати програмні продукти, що створені у ЗСУ та пройшли успішне випробування та застосовуються у зоні АТО.

Базовою можна вважати програмний продукт з назвою підсистема ведення та відображення положення, стану та дій військ - «Славутич», робоча карта. Її адаптація для застосування в ДСНС потребує певних змін, в основному у створенні відповідних баз даних про структурні підрозділи ДСНС та у позначках, які застосовуються при нанесенні оперативної обстановки. Автоматизована система управління військами «Славутич» дозволяє:

- наносити умовні знаки та спеціальний текст;
- вимірювати відстань на електронній карті по прямій та ломаній ліній;
- проводити пошарове відображення інформації;
- оцінювати зони прямої видимості, профіль місцевості з визначенням повних координат на електронній карті;
- проводити рельєфну оцінку місцевості;
- проводити пошук об'єктів оперативно-тактичної обстановки;
- складати та редагувати формуляри умовних оперативно-тактичних знаків;
- формувати і відображати оперативно-тактичну обстановку та її зміни на електронній карті, при оформленні електронних бойових графічних документів.

Реалізація цього проекту передбачає певне фінансування та етапність.

На рис. 1 наведена загальна структура багаторівневої інформаційно-телекомунікаційної системи множинного доступу ДСНС, яка і забезпечує формування АСУК НС та реалізацію всіх її переваг.

До складу багаторівневої інформаційно-телекомунікаційної системи множинного доступу (БІТС-МД) входять:

1. Центральна інформаційно-телекомунікаційна станція МЧС збору та обробки інформації.
2. Обласні (районні) інформаційно-телекомунікаційні станції МЧС збору та обробки інформації.
3. Локальні інформаційно-телекомунікаційні станції збору та обробки інформації в районах торф'яників.
4. Індивідуальні наземні інформаційно-телекомунікаційні станції збору та обробки інформації різних діапазонів хвиль (видимий, інфрачервоний та інші).
5. Повітряні інформаційно-телекомунікаційні станції збору та обробки інформації бортових датчиків (сенсорів) різних діапазонів хвиль (видимий, інфрачервоний та інші) для БПЛА.
6. Автономні інформаційно-телекомунікаційні станції збору та обробки інформації від заглиблених датчиків контролю температури.
7. Заглиблені датчики контролю температури.

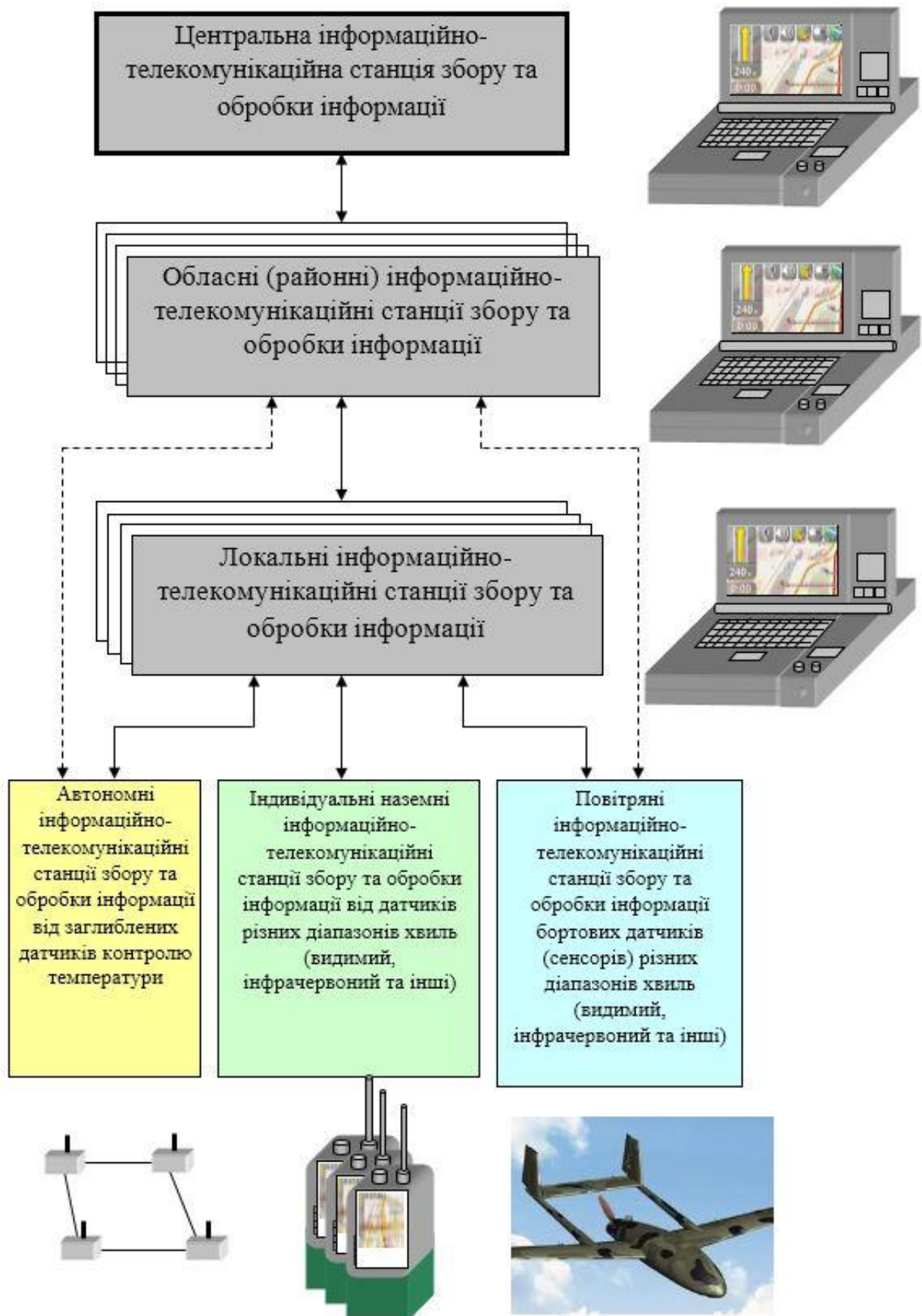


Рис. 1 – Загальна структура багаторівневої інформаційно-телекомунікаційної системи множинного доступу ДСНС

Зрозуміло, що у такий системі обробки, надання та відображення інформації здійснюється з низу – до гори. Керування за прийнятими рішеннями здійснюється у зворотному напрямку. Основою програмного забезпечення функціонування цієї системи становить програмне забезпечення, що використане у автоматизованій системі управління військами «Славутич», що значно скоротить час розгортання АСУК НС та її початок функціонування.

Таким чином запропонована АСУК НС забезпечить у реальному часі відображення та контроль дій структурних підрозділів ДСНС на всіх рівнях управління.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент № RU 2486594C2; G08B 13/194, A62C 3/00 (2006.01); Способ мониторинга лесных пожаров и комплексная система раннего обнаружения лесных пожаров, построенная на принципе разносенсорного панорамного обзора местности с функцией высокоточного определения очага возгорания / В.П.Евтушенков, Д.Л.Зубов, С.Ю.Мироничев. – Заявка № 2011135773; Заявл. 29.08.2011; опубл. 10.03.2013 Бюл. № 7.

2. Патент № RU2530397C1; A62C3/02 (2006.01); Способ предотвращения или обнаружения и тушения торфяных пожаров и установка для реализации способа / В.В.Белозеров, И.В.Ворошилов, И.Е.Кальченко, Г.И.Мальцев, Ю.Г.Плахотников, Ю.В.Прус, С.Н.Олейников. – Заявка № 2013107840/12; Заявл. 22.02.2013; опубл. 10.10.2014.

3. Davies D.K. et, al. Fire information for resource management system: archiving and distributing MODIS activ fire data // Geoscience and Remote Sensing, IEEETransactions on. 2009. Т. 47. № 1. С. 72-79.

4. Лобанов А.А. Геоинформационный мониторинг пожаров // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - № 2(10). – С. 119-125.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ І ЗАГРОЗ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Праці
II-ої Міжнародної науково-практичної конференції

Видав
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДЦЗ)

Видання друге
Україна, Київ – 2016

Адреса УкрНДЦЗ:
вул. Рибальська, 18,
м. Київ, 01011,
Україна

Контакти:

Телефони/факс: +38 (044) 2802902, +38 (044) 2801801
e-mail: vmns@mns.gov.ua, SecurityForum@yandex.com

Редакційний комітет:

Нікулін Олександр Федорович – д.т.н.;
Чумаченко Сергій Миколайович – д.т.н., с.н.с.;
Уряднікова Інга Вікторівна – к.т.н., доцент;
Кармазін Сергій Вікторович – наук. співроб., лейтенант сл.ц.з.

Дизайн обкладинки: Доценко О.Г.
Технічний редактор: Кармазін С.В.

Праці II-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури» [Електронний ресурс] / Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. — Версія 1.0. — Електрон. текстові дані (100 файлів: 10000000 байт). — К.: ТОВ «Інститут математичного моделювання «Фраксім»», 2016. — 1 електрон. опт. диск (CD-R). ISBN 978-966-7792-05-3.

За зміст наданих матеріалів, а також за використання відомостей, не рекомендованих до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.