

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ: ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ

№ 1(35) – 2014

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

Основан в 1995 году

Учредитель — учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, экономических, статистических и других данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации. Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора.

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» обязательна.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь по печати. Регистрационное свидетельство № 1081

Журнал включен в список научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований, утвержденный приказом ВАК Республики Беларусь от 4 июля 2005 г. № 101

Подписной индекс в каталоге РУП «Белпочта» — 007922

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

доктор технических наук

Альгин В.Б.

доктор технических наук, профессор

Болодьян И.А.

кандидат психологических наук

Герасимчик А.П.

доктор физико-математических наук, профессор

Зуйков И.Е.

кандидат технических наук

Иванов Ю.С. (заместитель
главного редактора)

кандидат физико-математических наук

Кицак А.И.

доктор физико-математических наук

Ксенофонтов М.А.

кандидат технических наук

Кулаковский Б.Л.

Новиков Г.Ф. (ответственный редактор)

доктор физико-математических наук

Лешенюк Н.С.

кандидат биологических наук

Лупей А.Ю.

кандидат физико-математических наук

Сагайдак Д.И.

доктор технических наук

Саечников В.А.

доктор технических наук

Тычино Н.А. (главный редактор)

доктор технических наук

Хасанов И.Р.

кандидат технических наук

Черневич О.В.

Шиян О.В. (ответственный секретарь)

Журнал рекомендован к изданию решением Редакционно-издательского совета учреждения «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь.

Адрес редакции:

220046, г. Минск, ул. Солтыса, 183а.

Телефоны:

(017) 246-41-53

(017) 299-96-30

(017) 246-50-84

(017) 246-43-99

Факс: (017) 246-57-31

E-mail: niipb@anitex.by

Ответственный за выпуск — *Малашенко С.М.*

Подписано к печати 12.05.2014. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 17,5.

Тираж 150. Заказ 781.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ОДО «Друк-С».

Св-во № 2/107 от 07.04.2014. Тираж 150 экз. Заказ № 781. 2014 г.

© *Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, 2014*

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	5
Деев Н.А., Мильман В.А., Лупей А.Ю. О результатах научных исследований в интересах повышения защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций	5
Гурьев А.С., Кобяк В.В., Корнейчук О.Н. О создании добровольных пожарных формирований в Республике Беларусь	15
Мышко Е.В. Создание инфраструктуры на стратегически важных объектах (аэропортах, вокзалах, АЭС) как фактор, способствующий обеспечению их безопасности	30
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ПОЖАРОВ И АВАРИЙ	37
Дмитриченко А.С., Яновский С.Ю., Иванов Ю.С., Чайчиц Н.И. Разработка аналитических методов оценки пожаробезопасных токов кабельных изделий при длительной нагрузке	37
Веселивский Р.Б., Половко А.П. Особенности действий персонала и администрации стадиона «Арена-Львов» при обслуживании, в случае угрозы или возникновения чрезвычайных ситуаций в металлоконструкциях крыши стадиона	46
Гулида Э.Н., Коваль А.М. Оптимизация размеров пожарных отсеков цехов деревобрабатывающих предприятий	55
Скрипко А.Н., Маслыко Е.М., Емельянов В.К., Верниковская Т.В. Автоматизация расчетов противопожарных разрывов как мера повышения качества работы государственного пожарного надзора.....	64
Проровский В.М., Иваницкий А.Г., Полоз Д.А. Программное средство автоматизации определения расчетного времени эвакуации и анализа полученных результатов.....	70
Дмитриченко А.С., Рафальский В.Н., Пастухов С.М., Иванов Ю.С., Деменчук А.К., Красовский С.Г., Макаров Е.К. Табличная методика оценки необходимого времени эвакуации с этажа высотного здания	77
Кицак А.И., Лущик А.П., Есипович Д.Л., Кавальчук И.В. Совершенствование механизма обнаружения возгорания современных точечных оптических дымовых извещателей	86

Сизиков А.С., Беляев Б.И., Беляев Ю.В. Возможности авиационной системы контроля чрезвычайных ситуаций «АВИС» для измерения контролируемых параметров природных и техногенных чрезвычайных ситуаций	96
ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА И ВООРУЖЕНИЕ	105
Здор Г.Н., Потеха А.В., Иванов Ю.С. Определение перспективных направлений совершенствования пожарных роботов с использованием метода генетических алгоритмов	105
Казябо В.А. Проблемы компоновки пожарных аварийно-спасательных автомобилей.....	119
СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....	132

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

УДК 614.256

**Деев Н.А., канд. физ.-мат. наук Мильман В.А.,
канд. биол. наук Лупей А.Ю.***

О результатах научных исследований в интересах повышения защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, г. Минск
Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

Сформулированы важнейшие результаты работ по программе научных исследований «Снижение рисков чрезвычайных ситуаций 2015». Показана их научная и практическая значимость в интересах повышения защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, защита, население, территория.

**N.A. Deev, Ph.D. (Phys. and Maths) V.A. Milman,
Ph.D. (Biology) A.Y. Lupei***

On the results of scientific researches in the interests of population and territories protection rise from emergencies

*United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences
of Belarus, Minsk*

** The Ministry for Emergency Situations of Republic of Belarus, Minsk*

The most important results of the scientific research program «Decrease of emergencies risks 2015» are defined. Their scientific and practical significance in the interests of population and territories protection rise from emergency situations is shown.

Keywords: emergency situations, protection, population, territory.

Введение

Эффективная работа государственных органов Республики Беларусь по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, повышению уровня защищенности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера требует соответствующего научного обеспечения.

В рамках государственной программы научных исследований «Снижение рисков чрезвычайных ситуаций 2015» выполняются научно-исследовательские работы, направленные главным образом на разработку информационных технологий для систем мониторинга объектов повышенной опасности; прогнозирования чрезвычайных ситуаций, обработки и передачи информации для

обеспечения деятельности органов исполнительной власти всех уровней в условиях чрезвычайных ситуаций; обеспечения достоверного анализа и оценки рисков чрезвычайных ситуаций; определения и ранжирования территорий по степени тяжести опасностей и угроз, обуславливающих возникновение чрезвычайных ситуаций; определения наиболее эффективных в технико-экономическом плане мер и мероприятий по снижению рисков чрезвычайных ситуаций.

Также проводятся поисковые исследования в направлении создания эффективных средств и способов ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаротушения.

Проводимые работы по заданиям программы соответствуют приоритетному направлению научных исследований и научно-технической деятельности Республики Беларусь «Экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, рациональное природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций». Программа включена в раздел государственной комплексной целевой научно-технической программы «Безопасность, предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» на 2011–2015 годы.

О научно-практических результатах по программе

В ходе выполнения заданий программы получены научно-практические результаты прикладного характера, ориентированные на использование в республике. Результаты исследований по заданиям программы являются научным

обеспечением «Плана по совершенствованию способов и средств защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на 2011-2015 годы», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 августа 2011 г. № 1141.

По 31 заданию программы в 2013 году создано более 20 объектов инноваций. При этом часть результатов уже нашла практическое применение в виде внедренных разработок. Выполнялось 37 договоров и три зарубежных контракта на создание научно-технической продукции.

Результаты исследований подтверждены более чем в 120 публикациях и выступлениями на 16 научно-технических мероприятиях, проводимых в Республике Беларусь и за ее пределами.

К важнейшим результатам по заданиям программы можно отнести

1. ОИПИ НАН Беларуси совместно с УП ГИС и БГУ исследована корреляция результатов прогнозирования зон затопления при наводнениях на территории Республики Беларусь на основе данных дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) и гидрологической сети наземного мониторинга. Проведены сравнительные оценки нанесенного ущерба по данным ДЗЗ и наземного мониторинга. Разработана экспериментальная технология мониторинга интенсивности осадков на территории Республики Беларусь с использованием данных существующей и перспективной аэрокосмической аппаратуры.

Проведена апробация и доработка следующих экспериментальных технологий обнаружения и оценки последствий чрезвычайных ситуаций природного характера с использованием данных ДЗЗ Белорусского космического аппарата (БКА) и космического аппарата (КА) «Канопус-В»:

а) отслеживание ледовой обстановки для прогнозирования прохож-

дения весеннего половодья (рисунок 1);

б) определение границ зон затопления при прохождении половодья и предварительная оценка последствий (рисунок 2);

в) идентификация природных пожаров и оценка площади выгоревших территорий (рисунок 3).

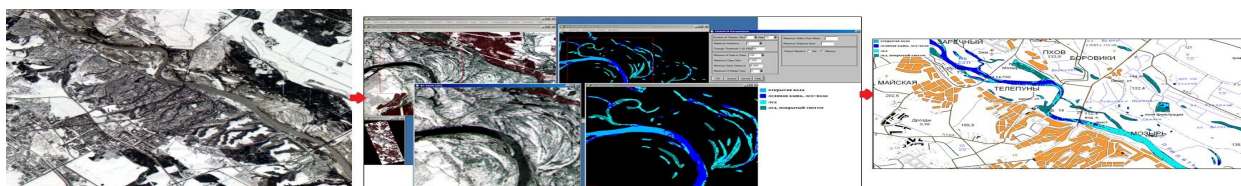


Рисунок 1 – Технология отслеживания ледовой обстановки в целях прогнозирования прохождения весеннего половодья на примере обработки данных ДЗЗ КА «Канопус-В» за 29 марта 2013 г., Беларусь, р. Припять, г. Мозырь

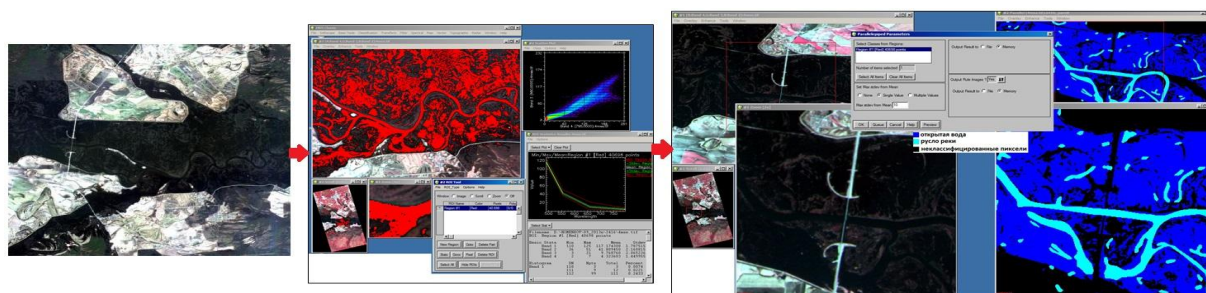


Рисунок 2 – Технология определения границ зон затопления и оценки площади затопленных территорий в период прохождения весеннего половодья на примере обработки данных ДЗЗ КА «Канопус-В» за 18 апреля 2013 г., Беларусь, Житковичский район, среднее течение р. Припять

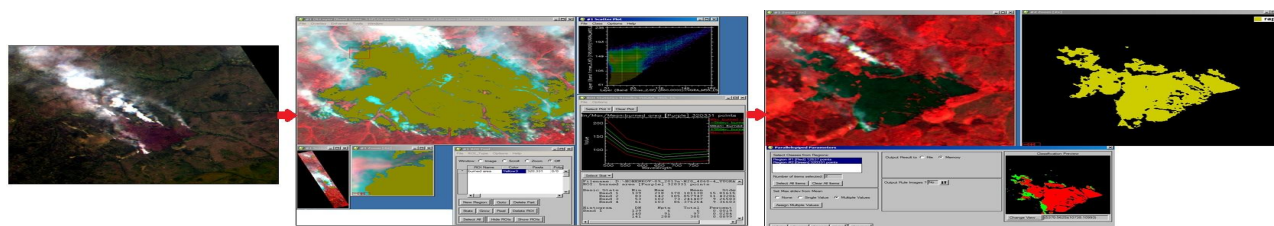


Рисунок 3 – Технология идентификации природных пожаров и определения выгоревших участков на примере обработки данных ДЗЗ КА «Канопус-В» за 26 июля 2013 г., Россия, приграничная территория Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономного округов, г. Березово

Проведена практическая оценка информативности данных ДЗЗ БКА и КА «Канопус-В» с целью апробации разработанных экспериментальных технологий. Установлено, что разработанные технологии с учетом доработки и рекомендаций позволяют решать задачи обнаружения, длительного мониторинга, оценки и анализа динамики площадей, пострадавших в результате чрезвычайной ситуации (ЧС) природного характера.

Общий экономический эффект ожидаемого применения результатов может составить около 10–15 % снижения ущерба за счет прогнозирования зон затопления, повышения оперативности обнаружения затопленных территорий, своевременной локализации и ликвидации последствий паводков и наводнений, природных пожаров и снижения тем самым их губительных последствий.

Разработанные технологии могут применяться в Республиканском центре управления и реагирования на чрезвычайные ситуации при МЧС Беларуси, республиканском Гидрометцентре, организациях, занимающихся обработкой данных ДЗЗ с целью обнаружения и мониторинга развития ЧС природного характера, а также для решения аналогичных задач (мониторинг вырубок, ветровалов, состояния водных объектов).

2. ОИПИ НАН Беларуси, Институтом экономики НАН Беларуси, БНТУ, КИИ МЧС, БНТУ, БГТУ проведены натурные обследования состояния дамб и плотин водохранилищ на территории всех областей Белору-

си. Выявлены и систематизированы наиболее частые нарушения (нарушения крепления верховых откосов, разрушения гребня плотины, берегов, дефекты бетонных сооружений). Обследовано новое водохранилище Гродненской ГЭС, выявлены факты разрушения берегов и подтопления леса. Создана экспериментальная база данных водохранилищ, содержащая результаты обследования дамб и плотин. База данных внедрена в КИИ МЧС, Брестском, Витебском, Гродненском и Могилевском областных управлениях МЧС. Выполнен анализ конструкций земляных и бетонных плотин по степени устойчивости к гидродинамическим авариям. Разработан метод расчета устойчивости откосов земляных гидротехнических сооружений в условиях переменного уровня воды.

Разработаны экспериментальные программные средства: ведения базы данных гидротехнических сооружений, доступа к базе данных, визуализации данных, моделирования чрезвычайных ситуаций на водохранилищах, формирования тематических карт.

Работы по заданию выполняются в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 августа 2011 г. № 1141, утвержденного комиссией по чрезвычайным ситуациям при Совете Министров Республики Беларусь «Плана по совершенствованию способов и средств защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на 2011–2015 годы».

3. ИТМО НАН Беларуси совместно с КИИ МЧС продолжена разработка компьютерной системы по прогнозированию воздействия ударной волны взрыва и его теплового излучения на человека и инфраструктуру.

Установлена связь степени черноты излучающих объемов плоской, цилиндрической и сферической формы с температурой источника излучения, его геометрическими размерами и химическим составом продуктов сгорания. Зависимости степени черноты однородных излучающих объе-

мов сферической, цилиндрической и плоской геометрии от температуры и размера для продуктов сгорания стехиометрической смеси метана с воздухом, которая состоит из молекул H_2O и CO_2 в соотношении 2:1, представлены на рисунках 4 и 5. Показано, что степень черноты сферы диаметром D_0 и плоского слоя толщиной $L = D_0 / 3$ одинакова в широком интервале температур и размеров источника.

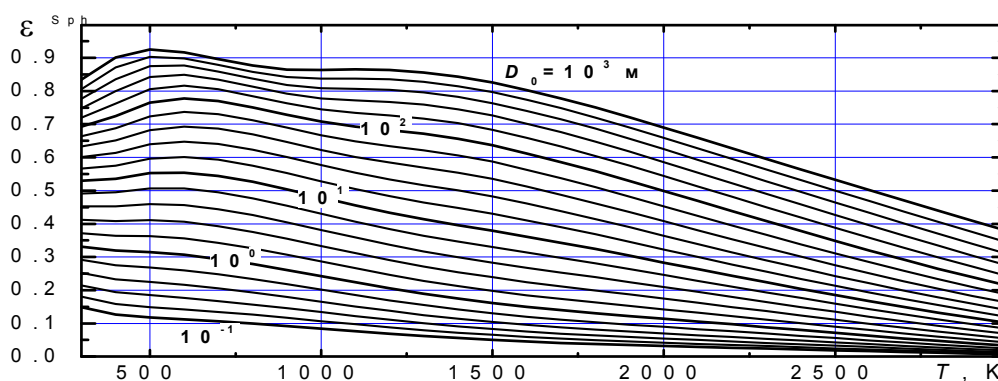


Рисунок 4 – Степень черноты однородного ОШ продуктов взрыва метана как функция T и D_0

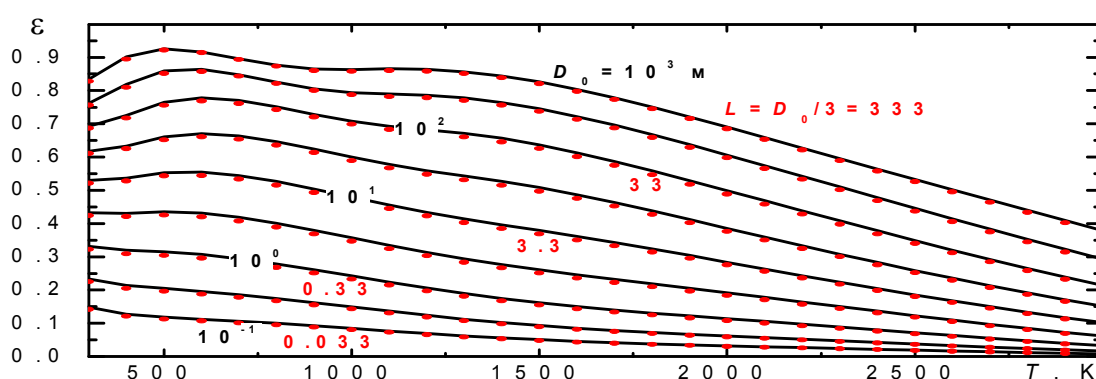


Рисунок 5 – Степень черноты однородной сферы диаметром D_0 и слоя толщиной $L = D_0 / 3$

Установлено влияние стадии детонации взрывчатого вещества на

ударно-волновую картину течения в ближней зоне взрыва.

Из сравнения результатов моделирования сферического взрыва в свободном пространстве с использованием модели мгновенной детонации и учетом процесса распространения детонационной волны в веществе заряда можно сделать вывод о том, что сферический взрыв «забывает» историю начальной фазы, когда ударная волна проходит расстояние примерно в сорок радиусов источника взрыва. На рисунке 6 демонстрируются поля давления и массовой ско-

рости, рассчитанные в указанных приближениях. Заметим, что начальный радиус заряда гексогена массой 1 кг равен 0,0526 м. На рисунке 7 представлены безразмерные характеристики давления \bar{p}_F , скорости ударной волны \bar{D} , координат фронта волны \bar{r}_F и контактной поверхности между воздухом, продуктами взрыва \bar{r}_C и избыточным безразмерным давлением за ударной волной $\Delta\bar{p}_F$.

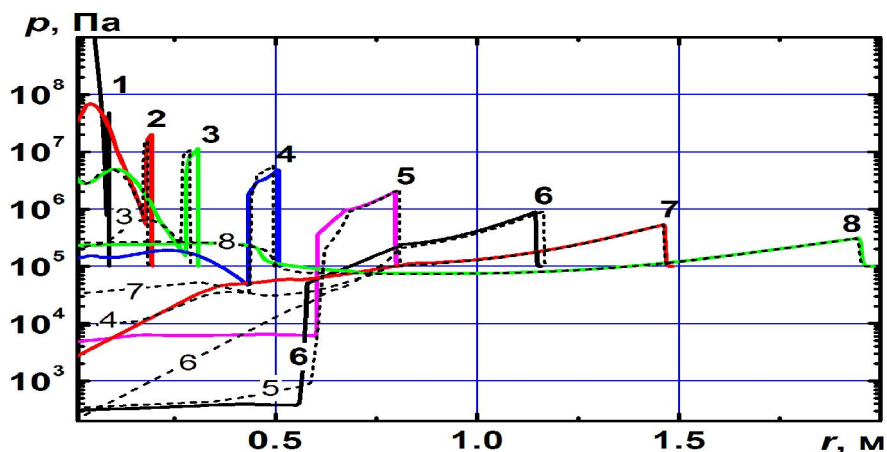


Рисунок 6 – Поля давления в сферическом взрыве в последовательные моменты времени

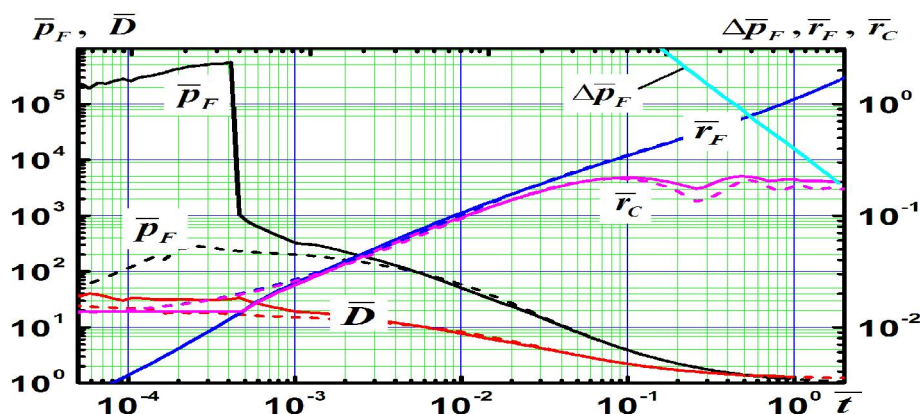


Рисунок 7 – Безразмерные временные зависимости параметров сферического взрыва гексогена

Одним из способов ослабления ударной волны является использова-

ние контейнера, стенки которого сделаны из легкосжимаемой среды.

Такой средой может являться жидкая пена, жидкость с пузырьками газа или пористый материал. Контейнеры подобного типа могут служить для подавления осколочного и фугасного действий взрывов. Особая актуальность анализа взрывных процессов в ближней зоне и способов ослабления их воздействия связана с ростом

в последние годы террористических актов с применением взрывных устройств.

На рисунке 8 показана схема контейнера, а рисунок 9 дает сравнение амплитуды ударной волны взрыва в свободном пространстве и взрыва в контейнере.

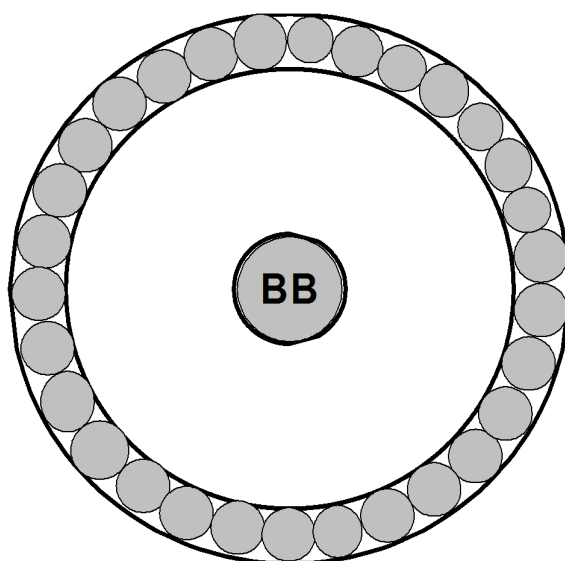


Рисунок 8 – Схема контейнера с ВВ

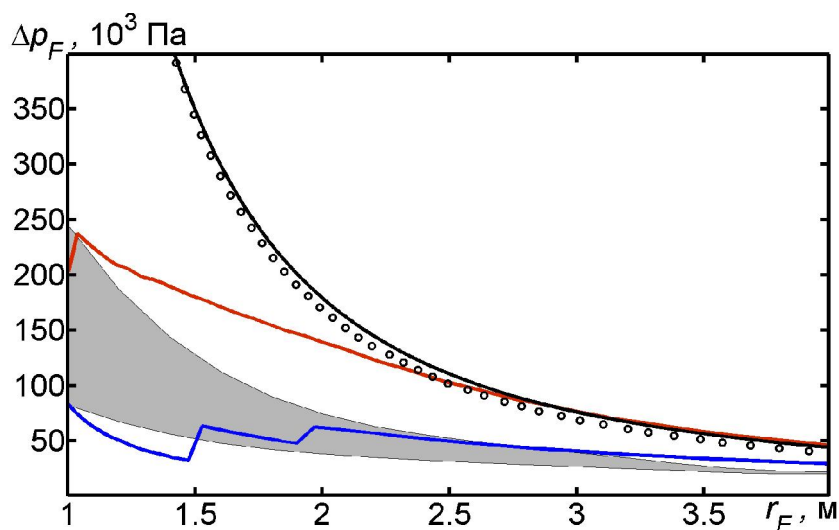


Рисунок 9 – Зависимость амплитуды УВ от расстояния:

сплошная линия – оценка по Садовскому; кружки – взрыв в свободном пространстве; кривые – взрыв в оболочке толщиной 2 и 7,5 см; серая область – данные экспериментов

Вблизи внешней поверхности оболочки давление на фронте ударной волны, вышедшей из контейнера в воздух, примерно в тридцать раз меньше, чем при аналогичном взрыве в свободном пространстве. Гашение ударной волны происходит в основном за счёт передачи значительной доли энергии взрыва оболочке. Большая масса и инерция оболочки ведут к замедлению передачи энергии от продуктов взрыва в окружающую среду.

Результаты НИР используются при создании научно-технической продукции по зарубежному контракту КАССТ/НМТИ-20 с Саудовской Аравией. Объем финансирования составляет 1 200 000 долл. США.

4. БГУ разработан и представлен проект СТБ «Метод оценки показателя токсичности продуктов горения материалов, изготовленных на основе ПВХ, по составу газовой смеси, образующейся при их термическом разложении».

В основу данного метода положены две разработанные в отчетном году методики:

методика 1 предназначена для расчетного определения показателя токсичности продуктов горения профилей ПВХ, изделий профильных ПВХ и изделий погонажных профильных ПВХ;

методика 2 – напольных покрытий (линолеумов), изготовленных на основе ПВХ.

Апробация методик показала, что группы токсичности, установленные на основании значений показателей токсичности, полученных при их

использовании, совпадают в 100 % случаев с результатами, полученными при использовании биологического метода.

Разработанный метод в некоторых случаях превосходит метод, разработанный во Всероссийском НИИ противопожарной обороны, обеспечивая получение значений показателя токсичности более близких к значениям, полученным биологическим методом.

Практическое использование метода даст возможность оперативно получать и использовать информацию о токсичности продуктов горения продукции на основе ПВХ как при ее реализации и практическом использовании, так и при разработке новых технологий ее изготовления в соответствии с требованиями международных стандартов с целью выбора оптимального соотношения «цена-качество-безопасность».

Результаты, полученные в ходе выполнения задания, внесены в базу данных «Токсичность продуктов горения. Материалы на основе поливинилхлорида», которая зарегистрирована в Государственном регистре информационного ресурса (№ 1311102356 от 18.10.2011). Она содержит 5595 записей и занимает объем 4,27 МБ.

Практическое использование метода позволит также минимизировать использование подопытных животных и существенно сократить сроки испытаний. Полученные в ходе выполнения задания результаты использованы при выполнении хозяйственных договоров по определению ток-

сичности продуктов горения строительных материалов, заключенных между БГУ и различными организациями и учреждениями Беларуси, России, Словении, Венгрии. Суммарный объем по договорам за отчетный период составил 99,474 млн. руб.

5. В НИИ ПБ и ЧС разработаны технические решения, дающие возможность впервые в Республике Беларусь осуществить постановку на производство пеногенерирующей системы со сжатым воздухом для тушения пожаров (до настоящего времени производство подобных систем осуществляли только наиболее технологически развитые страны мира, приобретались дорогостоящие зару-

бежные образцы). В результате выполнения задания на базе ОАО «ММЗ» изготовлен экспериментальный образец пеногенерирующей системы со сжатым воздухом для тушения пожаров (рисунок 10). Пеногенерирующая система со сжатым воздухом представляет собой комбинированную систему, состоящую из трех основных элементов: пожарного насоса, воздушного компрессора и системы дозирования пенообразователя. Пенообразователь, воздух и вода смешиваются непосредственно в системе. В результате образуется однородная пена высокого качества, которая подается по рукавам к месту пожара.



Рисунок 10 – Экспериментальный образец пеногенерирующей системы

Проведенные испытания экспериментального образца ПССВ и исследования получаемой компрессионной пены, а также анализ результатов исследований зарубежных аналогов позволил установить, что технология тушения компрессионной пеной с помощью ПССВ имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными технологиями тушения пожаров:

- вес рукавной линии составляет около 50 % веса стандартного рукава с чистой водой, что экономит силы пожарных;

- значительно сокращается количество воды, требуемое для тушения пожаров, и, как следствие, снижается косвенный ущерб от пролитой воды;

- высота подачи компрессионной пены по рукавной линии может достигать 250 метров при нормальном давлении (0,7–1,0 МПа).

Предполагается, что применение ПССВ наиболее эффективно при локализации и тушении пожаров твердых веществ и материалов (древесина, бумага, торф, резинотехнические

и текстильные изделия, полимерные материалы).

Установка обладает более высокой эффективностью и низким расходом огнетушащих веществ по сравнению с традиционными насосными установками.

Заключение

В целом реализация ГПНИ и последующее внедрение ее результатов позволят повысить уровень защищенности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за счет внедрения в практику функционирования ГСЧС и ГО современных научно-технических разработок и принятия нормативно-правовых документов, основанных на полной и достоверной, научно обоснованной и экспериментально проверенной информации.



УДК 351/354

**канд. экон. наук Гурьев А.С., канд. техн. наук Кобяк В.В.*,
Корнейчук О.Н.***

**О создании добровольных пожарных формирований
в Республике Беларусь**

НПРУП «Безопасность чрезвычайных ситуаций»

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

**Учреждение «Научно-исследовательский институт*

пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

Проанализирована история функционирования добровольных пожарных формирований в Беларуси. Предложены варианты и условия их создания.

Ключевые слова: пожар, концепция, закон, добровольные пожарные формирования, добровольная пожарная охрана, добровольные пожарные команды, добровольные пожарные дружины, пожарные аварийно-спасательные подразделения, чрезвычайная ситуация.

**Ph.D. (Econ.) A.S. Guriev, Ph.D. (Tech.) V.V. Kabiak*
O.N. Kornejchuk***

**About the creation of volunteer fire fighting formations in
the Republic of Belarus**

NPRUP «Safety Emergencies»

of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

**The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies»*

of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

The history of the voluntary fire fighting formations in the Republic of Belarus is analyzed. The options and conditions for their establishment are proposed.

Keywords: fire, conception, law, voluntary fire fighting formations, volunteer fire departments, voluntary fire brigades, fire prevention divisions, emergency situations.

В 2013 году на рассмотрение Президента Республики Беларусь внесена концепция проекта закона Республики Беларусь «О добровольных пожарных (аварийно-спасательных) формированиях» (далее – концепция), а в ее исполнение подготовлен проект закона Республи-

ки Беларусь «О добровольных пожарных (аварийно-спасательных) формированиях» (далее – проект закона).

Следует отметить, что ранее речь шла о проекте закона «О добровольной пожарной охране». Так, в России принят Федеральный закон

Российской Федерации от 6 мая 2011 г. № 100-ФЗ «О добровольной пожарной охране» [1].

Добровольные пожарные формирования (далее – ДПФ) как в Беларуси, Российской Федерации, так и во многих других странах, созданы с целью объединения усилий граждан (непрофессионалов) для предотвращения и ликвидации пожаров и других чрезвычайных ситуаций.

Краткий анализ функционирования данных формирований на территории Республики Беларусь свидетельствует о том, что началом их создания послужил Циркуляр МВД Российской Империи от 27 июля 1860 г. № 80 [2]. Одними из первых, созданных в Беларуси в целях тушения пожаров и противодействия пожарным бедствиям, являются: Витебское (22 июля 1872 г.), Полоцкое (1 апреля 1876 г.) и Минское (4 августа 1886 г.) вольные пожарные общества. На 1914 год количество таких организаций составляло 190.

В 1924 году действовало 350 добровольных пожарных дружин с общим количеством 12 194 чел. Однако, впоследствии в силу определенных причин Всебелорусское пожарное общество не смогло на должном уровне продолжить свою работу. Этому способствовало принятое 15 ноября 1929 г. постановление НКВД БССР «О ликвидации Всебелорусского пожарного общества» [3]. Вместе с тем, отдельные добровольные пожарные подразделения продолжали свою работу. В 1934 году Главное управление пожарной охраны союзного НКВД стало проводить

политику ограничения деятельности добровольных пожарных обществ с последующей передачей их техники, вооружения, зданий и имущества профессиональной пожарной охране.

После Великой Отечественной войны началось восстановление добровольных пожарных дружин и к сентябрю 1945 года их насчитывалось 11 268 на объектах и в сельской местности с количеством 122 873 человека. После принятия постановления Совета Министров СССР от 4 марта 1954 г. № 217Д «Об организации добровольных пожарных дружин на промышленных предприятиях и других объектах министерств и ведомств» [4] началась их массовая организация. Начало новому этапу в развитии пожарного добровольчества было положено принятием постановления Совета Министров БССР от 29 декабря 1956 г. № 791 «О создании добровольного пожарного общества Белорусской ССР» (далее – БДПО, ДПО) [5]. На 1 января 1988 года в БССР действовало около 6587 первичных организаций БДПО, в которых состояло 586 600 человек.

Следует отметить наличие в наименованиях данных общественных организаций созвучных и идентичной аббревиатуры слов: «добровольное пожарное общество» (ДПО) и «добровольная пожарная охрана» (ДПО). На первом этапе в конце XIX и начале XX веков главной задачей добровольных пожарных обществ была организация предотвращения пожаров через реализацию системы профилактических мер и тушение пожаров путем создания добровольных пожар-

ных команд (далее – ДПК) и дружин (далее – ДПД), как правило, на выездной пожарной технике, оборудованной емкостями с водой, пожарными насосами и другим специальным оборудованием. Впоследствии в отношении этих команд и дружин, как и в целом профессиональных подразделений, занимающихся тушением пожаров, было применено, на наш взгляд ошибочно, словосочетание «пожарная охрана». В соответствии с толковыми словарями С.И. Ожегова [6] и В.И. Даля [7] применительно к пожарной службе слово «охрана» разъясняется следующим образом: «относиться бережно, стеречь имущество, караулить, оберегать, хранить в целости, обеспечивать условия работы безопасные для жизни и здоровья людей». Одним словом – обеспечить сохранность, не допустить. Вместе с тем, основное предназначение пожарных подразделений, как собственно и их возможности – это своевременный выезд по вызову (сообщению) и ликвидация (тушение) пожара в застигнутых размерах на момент сосредоточения расчетного количества сил и средств. Здесь речь идет не о предотвращении пожара, а лишь о его тушении, спасении людей и сохранении, с учетом возможностей, не обьятого огнем имущества и строений. Именно поэтому с принятием закона Республики Беларусь «О пожарной безопасности» от 15 июня 1993 г. № 2403-ХІІ [8] «пожарная охрана» советского периода была переименована в «пожарную службу». Это название наиболее точно отвечает содержанию ее деятельности и возмож-

ностям и не дезориентирует значительную часть населения, ранее полагавшего, руководствуясь словом «охрана», что обеспечивать предотвращение пожара должна специализированная организация (в данном случае пожарная охрана), а не сами граждане и предприятия.

Наименование «добровольное пожарное общество» сохранилось и до настоящего времени. Анализ деятельности ДПО за последние 60 лет свидетельствует, что эта организация по существу занимается лишь оказанием на хозрасчетной основе профильных противопожарных услуг (обучение мерам пожарной безопасности, выпуск агитационных материалов, устройство молниезащиты, систем пожарной автоматики, пожарных щитов с противопожарным оборудованием, проведение агитационно-массовых и спортивных мероприятий и т.п.) с содержанием относительно небольшого количества штатных работников, выполняющих эти функции. При этом БДПО не создало за эти годы (за исключением нескольких кратковременного действия) и не содержит в настоящее время ни одной оперативной ДПК (с круглосуточным дежурством ее членов на выездной пожарной технике). А большая численность личного состава ДПО объясняется учетом (как своих) членов ДПД предприятий и организаций, а в отдельных случаях и работников ведомственных пожарных частей. Таким образом, ДПО, существовавшее в конце XIX – начале XX веков, в настоящее время полностью утратило свою основную функцию – тушение

пожаров. Целями и задачами нынешнего БДПО в соответствии с Уставом Республиканского государственно-общественного объединения «Белорусское добровольное пожарное общество», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 февраля 2007 г. № 263 [9], являются лишь: «объединение усилий граждан для развития пожарно-спасательного дела; содействие в реализации программ в области предупреждения и ликвидации пожаров; организация обучения населения правилам пожарной безопасности и поведения в условиях чрезвычайных ситуаций; проведение смотров-конкурсов и соревнований; выполнение работ в области обеспечения пожарной безопасности и оказания услуг в этой области» и ряд других вспомогательных задач; и только начиная с 28.12.2013 – «участие в создании в установленном порядке добровольных пожарных дружин (ДПД), добровольных пожарных команд (ДПК) в сельской местности, малых городах, на предприятиях различных форм собственности, ведение их учета, оказание им содействия в работе». Одним словом, лишь «объединение..., организация...» и только, начиная с 2014 года, когда был подготовлен проект закона, «участие в создании ДПО и ДПК» и то – «в установленном порядке».

Вместе с тем, зарубежный опыт свидетельствует о достаточно эффективной работе ДПФ, непосредственно осуществляющих тушение пожаров.

Так, в Австрии ДПФ организуют, обеспечивают и финансируют муниципальные органы земель и общин.

Подразделения добровольцев организованы по принципу профессиональных частей и имеют ограниченный оплачиваемый состав. Большое внимание уделяется сохранению и поддержанию традиций добровольчества, развивается сеть музеев с пожарно-технической тематикой. Престиж ДПФ в глазах общественного мнения поддерживается на высоком уровне. В Бельгии добровольные пожарные пользуются достаточно широкими льготами. В Великобритании ДПФ рассматриваются как дополнение к профессиональным подразделениям и привлекаются к тушению и предупреждению пожаров по мере необходимости. Штатные должности руководителей объектов дружин комплектуются в основном из профессионалов. В сельской местности и небольших населенных пунктах ДПФ создаются при профессиональной пожарной службе. В Ирландии населенные пункты охраняются смешанными пожарными командами, состоящими из добровольных пожарных и минимального числа профессиональных пожарных. В Италии национальный корпус пожарных имеет в своем составе добровольцев, главным образом, из числа профессиональных пожарных у которых закончился срок службы и которые по закону автоматически зачисляются в добровольный резерв. В Финляндии ДПФ содержатся за счет средств, выделяемых Отделением спасательных работ, и дотаций, получаемых от городских магистратов и сельских общин. В Германии принципы органи-

зации ДПФ в каждой из земель примерно одинаковы. Согласно их законодательству каждая община обязана создавать пожарную охрану. Численность каждого подразделения добровольной пожарной охраны составляет в среднем около 100 человек. Количество подразделений определяется из установленного законом условия о том, что время прибытия оперативного подразделения ДПО на место вызова не должно превышать 8-ми минут. Создание и содержание оперативных подразделений ДПО является обязанностью местных органов самоуправления. Оперативные подразделения ДПФ не имеют штатных работников. В повседневной жизни пожарные депо ДПФ закрыты на замок. При поступлении вызова на пожар в полицейский участок дежурным диспетчером посылается информация на пейджеры добровольных пожарных. Добровольные пожарные обязаны покинуть место основной работы и прибыть в пожарное депо за время, позволяющее выдержать установленный законом норматив в 8 минут. Добровольные пожарные за время, проведенное на оперативной работе по тушению пожаров и за период обучения получают зарплату по основному месту работы. В последующем финансовые затраты работодателей на выплату зарплаты добровольным пожарным за время их отсутствия на основной работе компенсируются из средств местных органов самоуправления. Продолжительность подготовки добровольных пожарных составляет 10 недель, а профессиональных пожарных 40 недель. В Швейцарии

ответственность за организацию и деятельность добровольной пожарной охраны несут муниципалитеты. В США численность добровольной пожарной охраны в пять раз превышает численность профессиональной пожарной охраны. Между отдельными добровольными командами существуют достаточно заметные различия. Так, одни команды обслуживают небольшие сельские поселки, другие – густонаселенные районы, имея при этом значительный бюджет и большую численность личного состава.

Таким образом, в большинстве зарубежных стран ДПФ организованы на принципах материального стимулирования (полной или частичной оплаты труда) руководящего звена и основного технического персонала (водители, мотористы, механики). Деятельность остальных членов стимулируется достаточно широким спектром льгот, повременной оплатой труда за выполнение работы по тушению пожаров или за время дежурства в пожарном депо. Следует отметить, что практически во всех зарубежных странах очень широко применяется моральное стимулирование добровольцев в виде наград, знаков отличия, общественной благодарности. Престиж добровольных пожарных стал возможным благодаря моральным устоям и сохранению исторических традиций, основанных на уважении к профессии пожарного, и его поддержанию в общественном сознании посредством проводимой органами власти этих стран политики в области пожарной безопасности.

Одним словом, в XIX – начале XX веков ДПФ, как в России, так и за рубежом получили широкое развитие и достаточно стабильно и эффективно функционировали. Объясняется это тем, что проблема борьбы с пожарами была очень актуальна, а государства по существу медленно создавали профессиональную пожарную службу и только в самых крупных городах и в промышленно развитых центрах. После 1917 года профессиональная пожарная служба, как в СССР, так и за рубежом стала развиваться более активно и массово по объективным обстоятельствам. Только в странах социализма добровольные подразделения стали утрачивать свою значимость, в связи с тем, что здесь была в основном общественная форма собственности и превалировали административно-командные методы управления, а в странах с частной формой собственности этого не произошло, так как объединение в ДПФ и поддержание их эффективного существования там подкреплялось и подкрепляется объективной необходимостью защиты от пожаров своего, т.е. личного, а не государственного имущества, а также законодательно оформленной ответственностью муниципалитетов за их наличие, в том числе финансовое обеспечение, и в целом за обеспечение пожарной безопасности территорий и населенных пунктов. Хотя и там имеет место тенденция к усилению профессиональных подразделений, а не добровольных. Более того, при опросе нами ряда руководителей предприятий западных стран (Австрия – 1990 г., Германия – 1993,

1994, 1996, 1999 г.г., США – 1997 г.) было установлено, что они отрицательно либо неодобрительно относятся к отвлечению специалистов в рабочее время на тушение пожаров, однако вынуждены считаться с существующим законодательством.

Поэтому, весьма важным обстоятельством при подготовке основополагающего правового акта, регулирующего создание ДПФ, является обязательный учёт существующей системы профессиональных пожарных подразделений, эволюции их функционирования и взаимодействия с ними.

Учитывая в комплексе эти обстоятельства (существующую систему профессиональных и добровольных подразделений пожарной службы, зарубежный опыт, социально-экономическое положение Беларуси, морально-психологическую подготовленность ее граждан к самоорганизации с целью предотвращения и тушения пожаров и другие им аналогичные), а также избранный нашим государством «эволюционный путь прогресса, путь вперед с учетом всех факторов», как об этом отмечал Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко 01.07.2011 г. на торжественном собрании, посвященном Дню Независимости Республики Беларусь [10], при доработке проекта закона, на наш взгляд, необходимо учесть ряд следующих рекомендаций.

Вначале важно определиться с целью, которая преследуется с принятием этого закона. Если цель – высвобождение численности профессиональных работников МЧС сель-

ской местности и городских поселков для перевода ПАСЧ в крупных городах на 4-х сменное дежурство, то это одна система ДПФ, если усиление существующей профессиональной службы МЧС, скажем только на селе, то это другая система ДПФ, если усиление службы и в сельской местности и в городах, то это третья, если еще и на объектах, т. е. создание и территориальных и объектовых ДПФ повсеместно, то это четвертый вариант. Эти варианты можно рассматривать либо в отдельности, либо в их сочетании. Соответственно целям должны быть подготовлены расчеты численности, финансов, стимулов, льгот и т.д.

Исходя из статей 6 и 7 закона Республики Беларусь «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя (далее – закон) [11], а также Федерального закона Российской Федерации «О добровольной пожарной охране» [1], основной задачей аварийно-спасательных служб в Беларуси является проведение аварийно-спасательных работ, в России – участие в тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. В связи с этим мы должны вести речь о создании не ДПО, и даже не ДПС, а руководствуясь статьей 7 закона [11], о создании – организациями нештатных аварийно-спасательных служб, т.е. объектовых подразделений (далее – НАСС) и исполнительными комитетами – общественных аварийно-спасательных служб т. е. территориальных подразделений (далее – ОАСС).

Учитывая социально-экономическое положение Беларуси, морально-психологическую готовность и сознание граждан, опыт и практику создания внештатных и даже штатных пожарных формирований, опыт большинства европейских стран, а также России, в составе ДПФ (ОАСС) могут и обязательно должны быть штатные (т.е. оплачиваемые) работники.

Это необходимо сделать и с позиции оперативности выезда пожарного автомобиля, и с позиции охраны пожарного депо и находящихся в нем техники, имущества и т.д.

Руководствуясь Указом Президента Республики Беларусь от 01.09.2010 г. № 450 «О лицензировании отдельных видов деятельности» [12] (абзац шестой пункта 177 «Положения о лицензировании отдельных видов деятельности» и пункта 10.4 Приложения 1 к указанному Положению), законом Республики Беларусь «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя» (абзац пятый статьи 18, абзац второй статьи 25) [11], а также требованиями техники безопасности, техническое оснащение и экипировка спасателей должны соответствовать технологии проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, а здания, помещения пожарных депо и их оснащение – требованиям и нормам положенности, предъявляемым нормативными правовыми актами МЧС, как для профессиональных аварийно-спасательных служб.

Кроме этого, техническое обслуживание и ремонт пожарной тех-

ники и оборудования должны осуществляться в стационарных условиях (предпочтительно в производственно-технических центрах МЧС).

На выполнение этих требований, условий, техническое обслуживание и другие мероприятия потребуются существенные финансовые затраты, которые по своим размерам вероятнее всего превысят нынешние затраты на содержание пожарных аварийно-спасательных постов МЧС (далее – ПАСП).

Надо иметь в виду, что если МЧС может и позволяет послабление для своих подразделений (в части технического оснащения и экипировки пожарных депо и спасателей, как правило, из-за недостатка финансовых средств), то для подразделений ДПО (ОАСС), находящихся вне его подчинения, т.е. находящихся в подчинении местных исполнительных и распорядительных органов, организаций (либо как в России в лице учредителей – физических лиц, юридических лиц, общественных объединений) этого допустить будет нельзя.

И даже в случае отказа от лицензирования подразделений ДПО (ОАСС) финансовое обеспечение нормативов по техническому оснащению и экипировке, исходя из требований техники безопасности и обязательной аттестации этих подразделений, все равно будет достаточно большим.

В соответствии с готовящимся проектом закона «О добровольных пожарных (аварийно-спасательных) формированиях» («Об общественной аварийно-спасательной службе») и

исходя из опыта России, учредителями, организаторами и лицами, ответственными за деятельность и финансирование подразделений ДПФ (ОАСС и НАСС) будут являться юридические лица, общественные объединения, организации, физические лица и частично, в части незначительного финансирования и оказания помощи – местные исполнительные и распорядительные органы. Одним словом, МЧС к этому не будет иметь никакого юридического отношения, не считая оказания шефской и моральной помощи.

Вместе с тем, практика создания 778-ми (с учетом созданных на базе одного сельхозпредприятия 923 ведомственных пожарных команд (далее – ВПК) с численностью 6000 человек [13]) межхозяйственных опорных пунктов пожарной охраны (далее – МОППО) в период с 1977 по 1991 гг. показала, что никому кроме работников пожарной охраны они не были нужны. Их созданием и обеспечением жизнедеятельности занимались, как самые заинтересованные, органы государственного пожарного надзора, используя весь свой, достаточно мощный, административный и организационный ресурс, а руководители сельхозпредприятий не только не проявляли в этом заинтересованности, но даже саботировали этот процесс, т.к. на это от них требовались немалые деньги.

Можно сказать, что существование МОППО и ВПК на селе зависело: в финансовом плане – от руководителей хозяйств, а в профессиональном и физическом плане – от органов гос-

пожнадзора. Воля руководителей хозяйств (не всегда обязательная даже в хорошие времена) зависела в основном от их финансового состояния, которое накануне и после развала СССР было весьма плачевным. Одним словом, в эти годы МОППО постепенно начали ликвидироваться.

И только создание государственной пожарной службы в сельской местности через принятие закона «О сборе на содержание государственной пожарной службы» позволило сохранить часть из них. В 1995 году на базе 540 МОППО было создано такое же количество ПАСП в составе отрядов ВПС МВД. Примерно 250-260 ПАСП в силу субъективных обстоятельств не были созданы, хотя средств сбора на это было более чем достаточно.

В течение 1995-1996 гг. за счет средств сбора было закуплено около 350 единиц основной и специальной пожарной техники. В 1997 г., в связи с невключением закона «О сборе на содержание государственной пожарной службы» в закон «О бюджете Республики Беларусь на 2007г.», а затем и на все последующие годы, финансирование созданных (но только созданных) 540 ПАСП было переведено на республиканский бюджет. Таким образом, была утрачена историческая возможность создания, пусть не полноценной, но отвечающей экономическим возможностям государства, пожарной службы в сельской местности.

Учитывая изложенное, в проекте закона о ДПО (ОАСС), следует предусмотреть обязательность:

ответственности местных исполнительных и распорядительных органов за создание и функционирование территориальных подразделений и организаций – за создание и функционирование объектов подразделений;

наличия соответствующих статей расходов в их бюджетах с суммами, обеспечивающими содержание (при необходимости строительство) пожарных депо, приобретение и содержание пожарной техники, оборудования и экипировки спасателей, плату за коммунальные услуги, содержание штатных работников, поощрение, стимулирование труда, оплату за дежурства и участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций (пожаров) спасателям-добровольцам, их страхование, обучение и т.д.

При этом следует иметь в виду, что МЧС только взаимодействует с подразделениями ДПФ (ОАСС) и на платной основе оказывает им услуги по ремонту техники, обучению личного состава и т.п..

В случае создания ДПФ (ОАСС) без наличия штатных (оплачиваемых) работников необходимо предусмотреть финансовые средства на охрану зданий пожарных депо, их техническую защиту и укрепленность и вывод сигнала охранной тревоги на ПЦН местных подразделений Департамента охраны МВД.

При любом варианте создания ДПФ (ОАСС) необходимо предусмотреть обеспечение всех добровольцев-спасателей мобильными телефонами (пейджерами), а в каждом районе на ЦОУ ГРОЧС – создание

пультов автоматического оповещения находящихся в режиме дежурства (на дому, работе) добровольцев-спасателей для их сбора в пожарном депо и выезда в течение 4-5 минут, либо сбора непосредственно на месте пожара, в течение установленного законодательством времени прибытия пожарного автомобиля (возможно сочетание двух указанных вариантов оповещения и сбора).

Территориальные подразделения ДПФ (ОАСС) обязательно должны быть созданы во всех агрогородках и крупных (перспективных) населенных пунктах, исходя из радиуса обслуживания не более 10 км.

В проекте закона «О добровольной пожарной (аварийно-спасательных) формированиях» (ОАСС) необходимо предусмотреть комплекс льгот, материальных и моральных стимулов (моральные стимулы могут и должны быть выражены в денежном эквиваленте и учтены при финансовых расчетах) для добровольцев-спасателей, позволяющих безболезненно привлекать их для несения дежурства в пожарном депо либо прибывать для участия в тушении пожаров и ликвидации других чрезвычайных ситуаций непосредственно к местам их возникновения.

Ни в коем случае не следует копировать модель создания и функционирования ДПФ (ОАСС), а также стимулов для нее какой-либо одной из стран. Следует, изучив зарубежный опыт, использовать синтез моделей и стимулов, которые реально могут дать результат и прижиться в нашей стране. Для этого их необходимо

обсудить с широким кругом заинтересованных сторон (органов государственного управления, местных исполнительных комитетов, общественности и разными категориями граждан – потенциальных добровольцев), при необходимости провести соответствующие опросы.

Учитывая особенности социально-экономического развития страны, на наш взгляд, целесообразно создать дополнительно необходимое количество ПАСП в сельской местности с типовой штатной численностью 4-5 единиц (3-4 водителя и 1 начальник, плюс 1 подменный водитель на 2-3 поста, в зависимости от количества дежурных смен) за счет перераспределения штатной численности в имеющихся ПАСП сельской местности и других подразделениях и дополнением их боевых расчетов за счет дежурства спасателей-добровольцев до 6 человек в смену на одном пожарном автомобиле.

На базе этих ПАСП и на территории их дислокации организовать создание малых предприятий (по ремонту легковых автомобилей, шиномонтажу, производству мебели или каких-либо иных товаров и выполнению других видов работ), предоставив им систему льгот и других преференций (что в принципе может быть осуществлено путем реализации девятого абзаца статьи 3 «Государственное регулирование деятельности аварийно-спасательных служб» закона [11], а также разрешив штатным работникам ПАСП работать по совместительству в этих малых предприятиях.

Со временем (через 5-50 лет) деятельность малого предприятия станет для этих спасателей-пожарных основным местом работы, а служба в ПАСП станет обязательным своеобразным «хобби», после чего можно будет сократить штатную численность работников ПАСП либо перераспределить её в другие подразделения.

Этот процесс должен происходить эволюционно, т.е. по мере становления экономических предпосылок. Создание таких постов можно начать в 2-3 районах каждой области, в первую очередь там, где для этого уже имеются условия т.е. как эксперимент или пилотный проект. После проведения семинара с изучением уже состоявшего опыта распространить его поэтапно, в течение 5-10 лет на другие районы и в целом на всю республику. Как отметил, Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко: «Революции нам не нужны, мы будем развиваться эволюционно» [10].

Именно так поступают в России, где например, в 2013 году в Мордовии, Бурятии, Ульяновской, Омской и Саратовской областях начала действовать «экспериментальная программа продовольственной помощи малоимущему населению, которая в дальнейшем возможно охватит всю Россию. Воплощать идею планируют постепенно. Пока механизмы того, как это будет происходить, детально не продуманы» [14]. Именно так поступали и наши предки в XVI веке, когда «Царь на земском соборе 1550 г. «заповедовал» свои боярам,

приказным людям и кормщикам помириться «со всеми хрестьяны» своего царства на срок, т.е. предложил служилым людям покончить свои административные тяжбы с земскими людьми не обычным иском, боевым порядком, а безупречным мировым порядком. Эта мировая ликвидация административных тяжб и была подготовительной мерой к отмене кормлений. По обычному преобразовательному приему московского правительства сделаны были предварительные пробные опыты.

Вскоре по завоевании Казани правительство с развязанными для внутренних дел руками и с необычайно приподнятым духом принялось за дальнейшую разработку вопроса о кормлениях. Мнение боярской думы, которой царь поручил это дело, склонилось в пользу отмены кормлений, так что царь в ноябре 1552 г. мог уже официально объявить о принятом правительством решении устроить местное самоуправление без кормленщиков. Тогда и выработан был общий план земского самоуправления» [15].

В данном случае речь идет о создании территориальных смешанных (штатных МЧС и добровольных) пожарных аварийно-спасательных подразделений. Параллельно можно пытаться с не меньшим энтузиазмом создавать исключительно ДПФ, как территориальные, так и объектовые.

Время покажет, что лучше и надежнее. Следует отметить, что такой вариант создания ДПФ обеспечит гарантированное исполнение МЧС и местными исполнительными коми-

тетами возложенных на них функций по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

Очень важно при подготовке проекта закона и его принятии внести соответствующие дополнения в другие нормативные правовые акты (законы «О местном управлении и самоуправлении», «О пожарной безопасности», «О службе в вооруженных силах», бюджетный и налоговый кодексы и др.).

О Законе Российской Федерации от 6 мая 2011 г. №100-ФЗ «О добровольной пожарной охране» [1].

Во-первых, его название не соответствует содержанию, так как в соответствии со статьями 1 и 9 задачами добровольной пожарной охраны (далее – охрана) являются не только осуществление профилактики пожаров, участие в их тушении, спасении людей и имущества при пожарах, но и в проведении аварийно-спасательных работ. Стало быть, это общественная аварийно-спасательная служба.

Во-вторых, ДПД и ДПК создаются (см. статью 6 [1]) только через общественные объединения пожарной охраны, учредителями которых в свою очередь могут быть физические лица и (или) только юридические лица – общественные объединения. Применительно к Беларуси таким юридическим лицом – общественным объединением может быть РГОО БДПО, которое вряд ли найдет достаточное количество средств на содержание необходимой инфраструктуры

ДПО (ОАСС) на всей территории Беларуси, включая оплату труда штатных работников и всех видов компенсаций (дежурства, участие в профилактике, тушении пожаров и т.д.). Они могут создать и содержать только незначительное количество ДПК ДПД. Такие условия учредительства резко снижают возможности массового (т.е. потребного) количества ДПК и ДПД. Возникает вопрос: почему не могут быть учредителями просто юридические лица? Не понятно!

В-третьих, и это самое главное – в законе очень неопределенно и не гарантированно оговорены источники финансирования охраны. К ним относятся: собственные средства, взносы и пожертвования, средства учредителя (учредителей), средства поддержки, оказываемые органами государственной власти и органами местного самоуправления общественным объединениям пожарной охраны и иные средства. Так вот, собственные средства, средства учредителя и средства общественного объединения добровольной пожарной охраны – это по существу средства одного лица. Остаются взносы, пожертвования и средства поддержки, оказываемые органами государственной власти. Это при условии, что у этих органов государственной власти будут на то правовые основания и уж тем более – реальные возможности.

В этом же законе [1] сказано, что органы государственной власти (см. ст. 12 п.2, 16 п.3, 17, 19) «могут за счет средств поддержки передавать на баланс добровольной пожарной охраны имущество, здания, оборудо-

вание, технику, средства связи и т.д., могут осуществлять материальное стимулирование деятельности пожарных (спасателей); могут в порядке оказания поддержки осуществлять личное страхование пожарных (спасателей)» и только обязаны (значит должны) «устанавливать гарантии правовой и социальной защиты членов семей пожарных (спасателей) в случае их гибели».

Есть еще много вопросов и недоговоренностей в российском законе, но самая главная его проблема заключается в том, что органы власти не обязываются создавать добровольную пожарную охрану, а лишь могут оказывать содействие и поддержку в их функционировании. А это значит, что орган, который бы инициировал ее создание, отсутствует со всеми вытекающими отсюда последствиями. Одним словом, граждане либо некое общественное объединение – юридическое лицо, либо их группа должны самоинициативно собраться, организовать (создаться) и обеспечить жизнедеятельность добровольной пожарной охраны. Одним словом, процесс этот будет происходить в регионах хаотично. При таком варианте проекта закона в условиях нашей страны это пока невозможно. И опять, кроме работников пожарной службы МЧС, их созданием заниматься будет некому.

Подводя итог сказанному, следует отметить, что главная цель иницируемого проекта закона – это создание недостающих пожарных подразделений, оперативно выезжающих по сигналу тревоги и замена ими

в перспективе профессиональных пожарных аварийно-спасательных постов в сельской местности. Но при этом, следует обратить внимание и на то, что в Беларуси в настоящее время имеется нормативный акт, регулирующий порядок создания ДПФ. Таким документом является постановление Кабинета Министров Республики Беларусь от 13 октября 1995 г. № 571 «О внештатных пожарных формированиях в Республике Беларусь» [16], которым утвержден ряд положений, в том числе «О добровольных пожарных командах» [17] и «О добровольных пожарных дружинах на предприятиях, в учреждениях и организациях» [18]. В этих положениях имеются все правовые основания, т.е. установленный порядок, для создания ДПФ в том виде, который предполагается в проекте закона. Однако, пока они не везде создаются, особенно там, где имеется в этом необходимость. Следует лишь выяснить причины этого (а они, в общем-то, известны) и дополнить эти положения необходимыми статьями. Не хватает льгот и других преференций, побуждающих граждан добровольно участвовать в профилактике и тушении пожаров, не хватает источников финансирования на строительство и содержание пожарных депо, закупку техники, аварийно-спасательного оборудования, оплату коммунальных услуг, зарплату водителям и т.д., а также (и это самое главное) ответственных организаторов в лице руководителей местных советов и исполкомов и предприятий, в чьих сметах реально могут быть предусмотрены фи-

нансы для создания и эффективного функционирования ДПФ.

Учитывая это, а также социально-экономическое положение страны целесообразнее внести в действующее законодательство необходимые дополнения и изменения, а не принимать новый закон, реализация которого сегодня весьма призрачна.

ЛИТЕРАТУРА

1. О добровольной пожарной охране: Федеральный закон Рос. Федерации, 6 мая 2011 г. №100-ФЗ / [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=148837>. – Дата доступа: 02.04.2014.
2. Циркуляр МВД России (Российской империи) от 27 июля 1860 № 80 3. Постановление НКВД БССР от 15 ноября 1929 г. «О ликвидации Всебелорусского пожарного общества».
4. Об организации добровольных пожарных дружин на промышленных предприятиях и других объектах министерств и ведомств: Постановление Совета Министров СССР, 4 марта 1954 г. № 217Д / [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.worklib.ru/laws/ussr/10012031.php>. – Дата доступа: 02.04.2014.
5. О создании добровольного пожарного общества Белорусской ССР: Постановление Совета Министров БССР, 29 дек. 1956 года № 791 / [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа:
6. *Ожегов, С.И.* Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – М.: ООО «ИТИ Технологии», 2003. – 944с.
7. *Даль В.И.* Толковый словарь живого великорусского языка / В.И. Даль. – в 4 томах. – М., 1978.
8. О пожарной безопасности: Закон Республики Беларусь, 15 июня 1998 г. №2403-ХП: в ред. Закона Республики Беларусь от 30.11.2012 г. // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2013.
9. Устав Республиканского государственного объединения «Белорусское добровольное пожарное общество»: утв. Постановлением Советом Министров Респ. от 28 февраля 2007 г. № 263 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2013.
10. Выступление Президента А.Г.Лукашенко на торжественном собрании, посвященном Дню Независимости // Советская Белоруссия. – 2011. – 2 лп. – С 1.
11. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя: Закон Республики Беларусь от 22 июня 2001 г. № 39-З: в ред. Закона Республики Беларусь от 22.12.2011 г. // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой

информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2013.

12. О лицензировании отдельных видов деятельности: Указ Президента Республики Беларусь от 01.09.2010 г. № 450: в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 07.10.2013 г. // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2013.

13. *Гурьев, А.С.* Инновационные методы и формы организации пожарной службы Республики Беларусь: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / А.С.Гурьев. – Минск, 1998. – 187 л.

14. *Расулова, К.* Карточные игры / К. Расулова // Аргументы недели. – 2013. – 24 окт. – № 41 (383).

15 *Ключевский, В.О.* Сочинение в девяти томах / В.О. Ключевский. – изд. 2-ое. – М.: Мысль, 1988. – Т. II. ч. II: Курс русской истории. – 447 с.

16. О внештатных пожарных формированиях в Республике Беларусь: Пост. Каб. Мин. Респ. Беларусь от 13 октября 1995 г. №571 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология

3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.

17. О добровольных пожарных командах, Пост. Каб. Мин. Респ. Беларусь от 13 октября 1995 г. №571 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.

18. О добровольных пожарных дружинах на предприятиях, в учреждениях и организациях, Пост. Каб. Мин. Респ. Беларусь от 13 октября 1995 г. №571 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.



УДК 342.951.351.

Мышко Е.В.

Создание инфраструктуры на стратегически важных объектах (аэропортах, вокзалах, АЭС) как фактор, способствующий обеспечению их безопасности

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург

В связи с наличием угроз распространения терроризма актуальна проблема повышения уровня общественной безопасности и защищенности, особенно стратегически важных объектов. Проведенное автором комплексное социологическое исследование уровня безопасности одного из аэропортов РФ позволило выявить факторы, позволяющие повысить уровень безопасности, а также минимизировать негативные последствия преступных и враждебных атак, посягающих на стратегически важные объекты (аэропорты, вокзалы, метрополитен, АЭС и др.). Методика исследования и выводы автора могут быть использованы службами безопасности стратегически важных объектов Республики Беларусь.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, защита, население, территория.

E.V. Myshko

Infrastructure creation on the strategically important objects (at the airports, the railway stations, the nuclear power plants) as a contributing factor to ensure their safety

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

In connection with the threats of terrorism is a focal problem of the public safety and security rise level, especially strategically important objects Conducted by the author comprehensive sociological study of one of the airports safety level of the Russian Federation has allowed to reveal the factors, allowing to raise safety level, and also to minimize negative consequences of the criminal and hostile attacks encroaching on strategically important objects (the airports, stations, the subway, the nuclear power plant, etc.). Research methodology and conclusions of the author may be used by the security services of the strategically important objects of the Republic of Belarus.

Keywords: emergency situation, protection, population, territory.

Стратегически важными для государства с точки зрения хозяйственно-экономической составляющей можно выделить следующие объекты: АЭС, аэропорты, вокзалы, метропо-

литен, предприятия оборонной промышленности и др., так как они потенциально могут быть целью враждебных и экстремистских элементов. Поэтому на таких объектах устанавли-

ливается соответствующий режим безопасности (высокая дисциплина труда, строгое выполнение внутреннего трудового распорядка, пропускного режима), что обуславливает определенную социальную изоляцию работников указанных предприятий, которая наряду с другими факторами благоприятствует обеспечению их общественной безопасности, что снижает риски проникновения посторонних лиц на режимные объекты.

Стратегически важные объекты, как правило, являются градообразующими, т.е. выполняющими определенные экономико-правовые и социально-культурные функции в регионе, поэтому изоляция работников стратегически важных объектов зачастую ограничивается территорией режимного объекта. Вместе с тем работники режимных объектов, являясь частью региональной структуры, не могут существовать обособленно.

Кроме того, что стратегически важные объекты являются реципиентами социально-экономических, информационных, культурных и технологических услуг, получаемых от региона, в то же время они являются донорами региона. Стратегически важные объекты, внося весомый вклад в экономическое развитие региона путем уплаты налогов, предоставления рабочих мест, оплаты различных мероприятий, связанных с развитием инфраструктуры региона, являются его структурной частью, пользующейся определенными благами региона и выполняя определенные обязанности. Функциональные, а также коммуникационные связи

(формальные и неформальные) стратегически важных объектов с различными структурами региона являются объективной необходимостью в целях поддержания и обеспечения режима безопасности как самих объектов, так и региона в целом.

Международный аэропорт как разновидность стратегически важного объекта несет ответственность за обеспечение безопасности работников и пассажиров при нахождении их на его территории, а также отвечает за ущерб, наносимый пассажиром в полете. Аэропорты являются потенциальной целью покушений и угроз. В компетенцию персонала службы охраны аэропортов входит: способность быстрого распознавания угроз, нарушений порядка и неправомерных действий, и в кратчайшие сроки реагировать на них, чтобы не поставить под угрозу целостность и устойчивость аэропорта как узла транспортной сети, а также всего региона. Тем не менее, одним постоянным присутствием персонала охраны во всех зонах аэропорта безопасность гарантировать нельзя, ведь угроза может носить не только внутренний, но и внешний по отношению к узлу характер. Это является одной из причин сохранения устойчивости сетевых связей безопасности аэропорта на основе новейших информационных технологий, а также тесного взаимодействия с регионом по вопросам обеспечения безопасности.

В соответствии с возможными угрозами целостности сетей, перекрещивающихся на пространственной территории аэропорта, можно выде-

лить следующие направления обеспечения безопасности (в зависимости от характера угрозы):

- угроза гибели людей и имущества (субъектов и объектов);

- угроза заражения болезнетворными инфекциями территории, имущества и субъектов, находящихся в институциональном сетевом поле аэропорта (санитарно-эпидемиологическая угроза);

- экологическая безопасность (более территориально обширная угроза, выходящая за рамки организации аэропорта);

- информационная безопасность (возможность нарушения функционирования технологического, транспортного и экономического уровней структуры аэропорта).

С целью изучения международного аэропорта как многофункционального стратегически важного узла автором в 2011 году было проведено социологическое исследование на примере международного аэропорта «Пулково-2» (г. Санкт-Петербург, РФ). Исследование проводилось с использованием количественных (анкеты) и качественных (когнитивные карты¹) методов. Проводимое исследование можно считать комплексным, так как кроме уровня обеспечения безопасности данного стратегического объекта изучались его экономические, технологические, технические и

культурные составляющие (в рамках рассмотрения международного аэропорта как многофункционального узла).

Анализ данных, полученных в ходе заполнения анкеты респондентами – пассажирами и лицами, находящимися на момент исследования в аэропорту (например, встречающие пассажиров), дает представление об уровне и степени обеспечения безопасности (необходимые, достаточные и избыточные меры безопасности). Так, 43 % опрошенных отметили меру «проверка всех на входе» как избыточную, что может свидетельствовать о неэффективном применении данных мер. Многие респонденты сопроводили свои ответы комментариями, что очередь, образующаяся у входа в здание «Пулково-2», «является красноречивым подтверждением» такой неэффективности, поскольку люди подолгу могут стоять у входа, даже не в очереди, а как скопление народа.

Следует отметить, что такая дисфункция обеспечения безопасности как раз может поставить под вопрос саму безопасность аэропорта и людей в нем и привести скорее к угрозе (например, к террористическому акту или беспорядкам), чем к соблюдению мер безопасности.

¹ Когнитивные карты – это образ знакомого пространственного окружения; такой качественный метод исследования, при котором информантам предлагается нарисовать, изобразить карту или схему чего-либо (чаще всего, определенной местности или объекта) с целью изучения восприятия его структурно-функционального пространства. Первым методикой когнитивного моделирования ввел в социальные науки Р. Аксельрод в 1970-х гг., а впоследствии использовал С.Милгрэм в исследовании городской среды. См: Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton. University Press, 1976.

Отметим, что в данном исследовании речь идет о характеристиках конкретного аэропорта – «Пулково-2» и об очередях на входе в аэропорт, которые наблюдала и автор исследования. Тем не менее, тема обеспечения безопасного входа в любой аэропорт – его доступность (уровень обрамления аэропорта как узла), является неотъемлемой частью обсуждения функционирования аэропортов в качестве транспортных узлов как с точки зрения обеспечения необходимого уровня безопасности, так и с технической и технологической точек зрения.

В целом, в вопросе об оценке эффективности использования и соблюдения мер безопасности в российских аэропортах 67 % информантов оценили эти меры как «очень плохо» и «плохо» (поставив 1 и 2 соответственно). Одной из причин столь низкой оценки стало недовольство неэффективными мерами безопасности на входе в аэропорт, как уже отмечалось выше, также респонденты отметили, что очереди присутствуют в аэропорту повсеместно. Так, на 16 когнитивных картах из 20 присутствовало скопление народа на входе, а на 11 картах – очереди и толпы внутри аэропорта, в основном, на таможенном досмотре и зоне паспортного контроля (это зона, которая является чертой, отделяющей внешнюю зону аэропорта от внутренней – ядра), а также у стоек регистрации на очередной рейс (следует признать, что очереди при регистрации присутствуют практически во всех аэропортах мира). Некоторые респонденты также отме-

чали очереди в зоне беспошлинной торговли.

Таким образом, можно сделать вывод, что очереди (или скопление народа) выступают на когнитивных картах структурным элементом организации аэропорта, они «вписываются» респондентами как в структуру, так и в пространственное и временное (ведь очереди требуют временных затрат) восприятие данной организации. Они выступают дисфункцией, которая укоренилась в структуре, поскольку не только профессионалы обсуждают данную проблему обеспечения безопасности аэропорта, но и люди, посещающие его, осознают неэффективное обеспечение безопасности в целом и очереди в частности. На наш взгляд, одной из причин такого сбоя в эффективном обеспечении безопасности людей, грузов, самого стратегически важного объекта и окружающей его среды может выступать сбой в координации и коммуникации между службами, обеспечивающими безопасность как аэропорта (и внутри организации аэропорта), так и региона. Кроме возможных угроз, диверсий и атак, угрожающих целостности, влияние таких дисфункций может негативно сказываться на восприятии аэропорта как многофункционального узла и обрамляющего его региона.

Также важно отметить, что метод когнитивных карт позволил выявить наиболее уязвимые места в аэропорту – места и пункты скопления людей и образования очередей – с точки зрения не только обеспечения общественной безопасности, но и усвер-

шенствования инфраструктуры и пространственной организации аэропорта. В дальнейшем данное исследование представляется возможным углубить путем изучения основных маршрутов передвижения пассажиров и посетителей аэропорта, периоды времени, когда их потоки наиболее интенсивны. Эти данные представляется целесообразным использовать для того, чтобы скорректировать работу и координацию всех служб аэропорта как сложно структурированного, многофункционального узла транспортной сети и, в особенности, службы безопасности.

Необходимость наличия в аэропорту мер безопасности 63 % респондентов отметили как «крайне необходимые» и 25 % – как «необходимые», в частности, такие меры, как: досмотр на таможне, изъятие небезопасных предметов и контроль за территорией аэропорта (все эти меры были предложены респондентами). Обратим внимание на такую предложенную меру, как «контроль за территорией аэропорта», которая отражает гипотезу исследования, что уровень обрательства аэропорта обеспечивает устойчивость и сохранение всех субъектов, объектов и взаимодействий в его рамках. В целом, респонденты осознают необходимость обеспечения и соблюдения безопасности и ряда мер, применяемых для данной цели, в аэропорту, но недовольны тем, как эти меры реализуются и даже указывают конкретные меры как неэффективные.

Последним вопросом об обеспечении безопасности в данном исследовании нас интересовало предвари-

тельное ознакомление с мерами безопасности как размещенными на интернет-сайте «Пулково-2» (как и большинства аэропортов), так и на территории самого аэропорта. Анкетный опрос показал, что 42 % информантов никогда не знакомятся с мерами безопасности аэропортов, в которых побывали или планируют побывать, а 48 % – иногда. Такой результат коррелирует с низким уровнем информированности посетителей аэропорта с мерами безопасности. Некоторые респонденты сами спрашивали, где можно ознакомиться с данными мерами, и если эта информация размещена в аэропорту, то где именно.

Таким образом, только 10 % опрошенных отметили, что всегда узнают о мерах безопасности, а большинство в данной группе и той, где отметили вариант «иногда», составили женщины. Но более интересно присутствие корреляции переменной ознакомления с мерами безопасности и переменной уровня образования респондентов. Среди групп, кто иногда или всегда знакомится с мерами безопасности, 76 % респондентов имеют высшее образование. Можно предположить, что высшее образование влияет как на возможность найти изложенные меры безопасности, так и на осознание важности их изучения. Все эти факторы влияют на восприятие аэропорта не просто как определенного места или организации, а как стратегически важного объекта и режимного предприятия.

На каждом предприятии, а тем более режимном, формируются опре-

деленные социально-культурные нормы и ценности, которые при надлежащем организационно-управленческом уровне и социолого-психологическом сопровождении будут способствовать их проявлению, закреплению и развитию. Именно создание условий для проявления в рамках отдельного режимного объекта неформальных локальных ценностей, норм и традиций является той основой, в соответствии с которой отдельное предприятие может постепенно трансформироваться в многофункциональный центр с устойчивым культурным пространством.

Важной особенностью режимных предприятий в целом и аэропорта в частности является то, что устойчивое закрепление социально-культурных норм и традиций, их сохранение и развитие формируется, в первую очередь, благодаря компоненту обеспечения безопасности. Сбои и неполадки в технологическом функционировании или дисфункции в организационно-управленческой деятельности современного стратегически важного предприятия могут поставить под угрозу безопасность как самого предприятия, так и региона (примерами могут служить не только катастрофа на Чернобыльской АЭС или АЭС «Фукусима-1» в Японии, но и акты терроризма в аэропортах, на вокзалах, в целом – на транспортных узлах).

Следовательно, стратегически важные объекты обязаны обеспечивать необходимый уровень безопасности и следить за его эффективным воплощением, поскольку они несут

ответственность за безопасность не только своей организации, прилегающей территории, но и в определенной степени всего региона. Более того, оценивание населением мер безопасности такого объекта (АЭС, аэропорт и пр.) как неэффективное или негативное также может повлечь за собой ряд проблем, вплоть до неустойчивых связей с регионом (который в данной ситуации представлен населением).

Естественно, ответственность за безопасность стратегически важного объекта, прежде всего, возлагается на службу охраны и безопасности, а также на всю структуру, ее подразделения в целом и на каждого отдельного работника структуры. Эффективность их деятельности зависит от различных факторов, в частности, от того, насколько: работники служб обеспечены современными средствами связи, защиты и преодоления всевозможных препятствий; четко знают свои функции и пути координирования действий с другими работниками; в служебное время находятся в постоянной готовности к нейтрализации любых нестандартных ситуаций и возможных угроз; обладают психологическими способностями распознавать и быстро реагировать на любые отклонения от правомерного поведения. Все эти элементы критически важны, чтобы не поставить под угрозу устойчивость и бесперебойное функционирование объекта и его связи (экономические, технологические, отношения обеспечения безопасности) с регионом.

Тем не менее, важное место занимает и отношение населения к стратегически важным объектам, в первую очередь, информированность о статусе объекта или организации (о том, что это стратегически важный или режимный объект) и о мерах безопасности, осуществляемых и необходимых для соблюдения и для работников, и для посетителей такого рода предприятия. И если об особом положении и статусе такого объекта, как АЭС или военная база, население региона зачастую знает из бытовых знаний или средств массовой информации, то такие све-

дения об аэропортах или вокзалах обычно не представлены широко, особенно для людей, которые не путешествуют через эти транспортные узлы. Таким образом, представление аэропортов как стратегически важных объектов, тесно связанных с регионом множеством связей различного типа, представляется важным для повышения безопасности.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ПОЖАРОВ И АВАРИЙ

УДК 537.321+ 614.841.123.24

канд. техн. наук, доц. **Дмитриченко А.С.**,
канд. физ.-мат. наук **Яновский С.Ю.***,
канд. техн. наук **Иванов Ю.С.****, **Чайчиц Н.И.*****

Разработка аналитических методов оценки пожаробезопасных токов кабельных изделий при длительной нагрузке

ГУО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск

**Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск*

***Учреждение «Научно-исследовательский институт*

пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

****ГУО «Командно-инженерный институт»*

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

Предложена математическая модель определения допустимой величины протекающего тока токоведущей жилы изолированного проводника в зависимости от конструкции проводника, теплофизических параметров изоляции, окружающей среды и нормированной температуры нагрева. Приведено сравнение расчетных и экспериментальных данных. Предложен аналитический метод определения длительно допустимых токовых нагрузок проводников при заданных допустимых температурах нагрева токоведущей жилы с учетом применения новых материалов изоляции, оболочки и наружных защитных покровов.

Ключевые слова: ток, проводник, токоведущая жила, изоляция.

Ph.D. (Tech.), Assoc. prof. A.S. Dmitrichenko,
Ph.D. (Phys. and Maths) S.Y. Yanovsky*,
Ph.D. (Tech.) Y.S. Ivanov, N.I. Chajchyts*****

Analytical methods development of the evaluation fireproof currents cable products under long time strength

Belarusian State Technological University, Minsk

A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of NAS of Belarus, Minsk

***The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies»*

of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

****The State Educational Establishment «Command and Engineering Institute»*

of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

The mathematical model for determining of the allowed value flowing current conductive wires insulated conductor depending on the conductor design, the thermophysical parameters of isolation, the environmental and normalized temperature heating is proposed. The

comparison of calculated and experimental data is given. The analytical method for the determination of long time strength current loads conductors at the set of admissible temperatures heat conductive wires with regard to the application of new insulation materials, cladding and external protective coverings is proposed.

Keywords: current, electric conductor, conductor, isolation.

Несмотря на общую тенденцию снижения числа пожаров от нарушения правил монтажа и эксплуатации электрооборудования, возрастает количество пожаров, происшедших вследствие аварийных режимов электропроводки и кабельных сетей. По статистическим данным, наиболее пожароопасными видами электроустановок являются кабельные сети, а наиболее частыми причинами их воспламенения – короткие замыкания и перегрузки.

Предотвращение возникновения и распространения пожаров в электрических сетях традиционно обеспечивается путем правильного выбора на стадии проектирования сечений токопроводящих жил. Для различных марок и сечений электрических проводников определены (при определенных допущениях) предельно допустимые значения силы тока из условий заданных предельной температуры нагрева, температуры окружающей среды и способа прокладки. Эти значения сведены в таблицы, приведены в Правилах устройства электроустановок и являются нормативными данными.

В связи с тем, что таблицы не дополнялись уже длительное время,

они перестали соответствовать всему спектру производимой на ний день кабельной продукции, а сами значения нормативных данных в этих таблицах, в связи с применением новых материалов в конструкции электрических проводников, требуют уточнения.

Поэтому актуальными задачами являются разработка и экспериментальное подтверждение программных продуктов для расчета температурных полей кабельных изделий, определение длительно допустимых токов и внесение соответствующих изменений в нормативные документы.

Одним из вариантов определения установившихся температур многопроволочной жилы и изоляции может быть решение уравнений баланса тепла для системы жила-изоляция-окружающая среда [1]. Для достаточно длинного проводника при одинаковых условиях теплоотвода с поверхности по всей его длине передача тепла происходит только в радиальном направлении. В этом случае интенсивность источников тепла q_1 (Вт/м) на участке проводника длиной, равной единице, равна [2]:

$$q_1 = \frac{I^2 \gamma_0 (1 + \beta T) \cdot S \cdot 1}{S^2} = \frac{I^2 \gamma_0 (1 + \beta T)}{S} = \frac{I^2 \gamma_0}{\pi r_{ж}^2} (1 + \beta T). \quad (1)$$

В установившемся состоянии этот же тепловой поток отводится от участка проводника длиной, равной единице, в изоляцию

$$q_1 = \frac{T_{жс} - T_{из}}{R_{из}}, \quad (2)$$

$$R_{из} = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln\left(\frac{r_{из}}{r_{жс}}\right), \quad (3)$$

где $T_{жс}$ – температура проводника на стыке с изоляцией;

$T_{из}$ – температура наружной поверхности изоляции;

$R_{из}$ – термическое сопротивление слоя изоляции;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляции;

$r_{из}$ – радиус изоляции;

$r_{жс}$ – радиус жилы.

И, наконец, этот же поток отводится за счет конвективного и радиационного теплообмена с поверхности участка изоляции длиной, равной единице, в окружающую среду

$$q_1 = \alpha(T_{из} - T_с) \cdot S_1 \cdot 1 = \alpha(T_{из} - T_с) \cdot 2\pi r_{из}. \quad (4)$$

Одним из наиболее трудноопределяемых параметров в формулах (3), (4) является коэффициент теплоотдачи с поверхности проводникового изделия α . Это связано с целым комплексом влияющих параметров на общий коэффициент теплоотдачи: конвекция, теплопередача, лучистый теплообмен. Как показала практика экспериментальных исследований, в общем коэффициенте теплоотдачи

необходимо учитывать, кроме конвективной составляющей, лучистый теплообмен. В определенных условиях доля лучистой составляющей может составлять до 30 %.

При расчете теплообмена между поверхностью изоляции провода и окружающей средой используется закон Ньютона, согласно которому количество теплоты, отдаваемой единицей поверхности тела в единицу времени, пропорционально разности температур поверхности T_s тела и окружающей среды T_c :

$$q_c = \alpha_c (T_s - T_c) = \alpha_c \Delta T, \quad (5)$$

где α_c – конвективный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² К);

T_s – температура поверхности изоляции;

T_c – температура окружающей среды. Следует отметить, что α_c

зависит от большого числа различных факторов: формы и размеров тела, давления и скорости движения окружающей среды, физических свойств среды и др.

Безразмерный коэффициент теплоотдачи Nu (число Нуссельта) характеризует теплообмен на границе поверхность проводника – окружающая среда и может быть рассчитан по формуле

$$Nu = \frac{\alpha_c d}{\lambda}, \quad (6)$$

где d – диаметр проводника по внешнему слою изоляции;

λ – коэффициент теплопроводности воздуха.

Число Нуссельта для горизонтального цилиндра имеет вид [3]:

$$Nu = \left\{ 0,752 + \frac{0,387(Gr Pr)^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2. \quad (7)$$

В (7) Pr и Gr соответственно числа Прандтля и Грасгофа, определяемые из соотношений:

$$Pr = \frac{\nu}{a}, \quad (8)$$

$$Gr = \frac{gd^3 \beta(T - T_\infty)}{\nu^2}, \quad (9)$$

где a – коэффициент теплопроводности воздуха;

g – ускорение свободного падения;

ν – кинематическая вязкость воздуха.

Из (6), (7) следует:

$$\alpha_c = \frac{\lambda}{d} \left\{ 0,752 + \frac{0,387(Gr Pr)^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2. \quad (10)$$

Теплофизические и динамические параметры, входящие в формулы (8)–(10), берутся при средней температуре T_{cp} :

$$T_{cp} = \frac{T_{из} + T_{возд}}{2}. \quad (11)$$

Зависимость плотности, коэффициента теплопроводности динамиче-

ской и кинематической вязкости и критерия Прандтля от температуры можно аппроксимировать полиномами второй степени [4]:

$$\rho(T) = 2,018 - 3,719 \cdot 10^{-3} \cdot T + 2,205 \cdot 10^{-6} \cdot T^2, \quad (12)$$

$$\mu(T) = 5,44 \cdot 10^{-6} + 4,869 \cdot 10^{-8} \cdot T - 1,146 \cdot 10^{-11} \cdot T^2, \quad (13)$$

$$\nu(T) = 1,354 \cdot 10^{-5} + 8,824 \cdot 10^{-8} \cdot T_{cp} - 4,646 \cdot 10^{-10} \cdot T_{cp}^2, \quad (14)$$

$$\lambda(T) = 0,02416 + 7,616 \cdot 10^{-5} \cdot T_{cp} - 4,328 \cdot 10^{-8} \cdot T_{cp}^2, \quad (15)$$

$$Pr(T) = 0,717 - 1,685 \cdot 10^{-4} \cdot T_{cp} + 6,911 \cdot 10^{-7} \cdot T_{cp}^2. \quad (16)$$

Плотность теплового потока, излучаемого с поверхности электропровода в окружающую среду, может быть вычислена по формуле

$$q_r = \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_c^4). \quad (17)$$

Перепишем (17) в виде

$$q_r = \varepsilon \sigma (T_s + T_c)(T_s^2 + T_c^2)(T_s - T_c) = \alpha_r (T_s - T_c), \quad (18)$$

где α_r – коэффициент лучистого теплообмена имеет вид:

$$\alpha_r = \varepsilon \sigma (T_s + T_c)(T_s^2 + T_c^2). \quad (19)$$

Поскольку конвективный и лучистый теплообмены происходят одновременно, то полная плотность потока с поверхности провода определяется как

$$q = q_c + q_r = \alpha_c (T_s - T_c) + \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_c^4) \quad (20)$$

либо

$$q = \alpha (T_s - T_c), \quad (21)$$

где полный коэффициент теплообмена равен:

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_r. \quad (22)$$

Таким образом, приравнявая (11), (12) и (14), получаем систему двух уравнений баланса тепла для двух неизвестных – температуры жилы $T_{ж}$ и температуры наружной поверхности изоляции $T_{из}$:

$$\frac{I^2 \gamma_0}{\pi r_{ж}^2} (1 + \beta T_{ж}) = \frac{2\pi \lambda_{из} (T_{ж} - T_{из})}{\ln \left(\frac{r_{из}}{r_{ж}} \right)}, \quad (23)$$

$$\frac{2\pi \lambda_{из} (T_{ж} - T_{из})}{\ln \left(\frac{r_{из}}{r_{ж}} \right)} = \left[\frac{\lambda_{г}}{2r_{из}} \left\{ 0,752 + \frac{0,387 Gr(T_{из}, T_{г}) (Pr(T_{из}, T_{г}))^{1/6}}{\left[1 + (0,559 / Pr(T_{из}, T_{г}))^{9/16} \right]^{8/27}} \right\} + \varepsilon \sigma (T_{из} + T_{г})(T_{из}^2 + T_{г}^2) \right] (T_{из} - T_{г}) \cdot 2\pi r_{из}, \quad (24)$$

$$Gr(T_{uz}, T_{\theta}) = \frac{g(2r_{uz})^3 2(T_{uz} - T_{\theta})}{(T_{uz} + T_{\theta})(1,354 \cdot 10^{-5} + 8,824 \cdot 10^{-8} \cdot T_{cp}(T_{uz}, T_{\theta}) - 4,646 \cdot 10^{-10} \cdot T_{cp}(T_{uz}, T_{\theta})^2)}, \quad (25)$$

$$Pr(T_{uz}, T_{\theta}) = 0,717 - 1,685 \cdot 10^{-4} \cdot T_{cp}(T_{uz}, T_{\theta}) + 6,911 \cdot 10^{-7} \cdot T_{cp}(T_{uz}, T_{\theta})^2, \quad (26)$$

$$T_{cp}(T_{uz}, T_{\theta}) = \frac{T_{uz} + T_{\theta}}{2}. \quad (27)$$

Решение системы уравнений (23)–(27) было осуществлено при помощи пакета Маткад-14 [5], причем эквивалентный радиус многопроволочной жилы выбирался по марке сечений кабеля.

На рисунке 1 приведены результаты сравнения расчетных данных и данных экспериментов для кабелей с многопроволочными жилами: 1 – ПВ4нг(А)-LS 25,0 черн. ТУ ВУ 500017371.067–2012 с медной многопроволочной жилой, состоящей из 7 пучков по 26 проволок (сечение по маркировке 25 кв.мм); 2 – провод КГ 1×50 с медной многопроволочной

жилой, состоящей из 14 пучков по 27 проволок (сечение по маркировке 50 мм²); 3 – ПВ 6 16,0 ТУ ВУ 500017371.042–2008 с медной многопроволочной жилой, состоящей из 12 пучков по 40 проволок (сечение по маркировке 16 мм²). Физические параметры для меди – удельное электрическое сопротивление меди $\gamma_0 = 17,241 \cdot 10^{-9}$ (Ом·м), температурный коэффициент сопротивления $\beta = 393 \cdot 10^{-5}$ (1/К), коэффициент теплопроводности меди $\lambda_{жс} = 375$ (Вт/м К), коэффициент теплопроводности изоляции ПВХ $\lambda_{uz} = 0,167$ (Вт/м К).

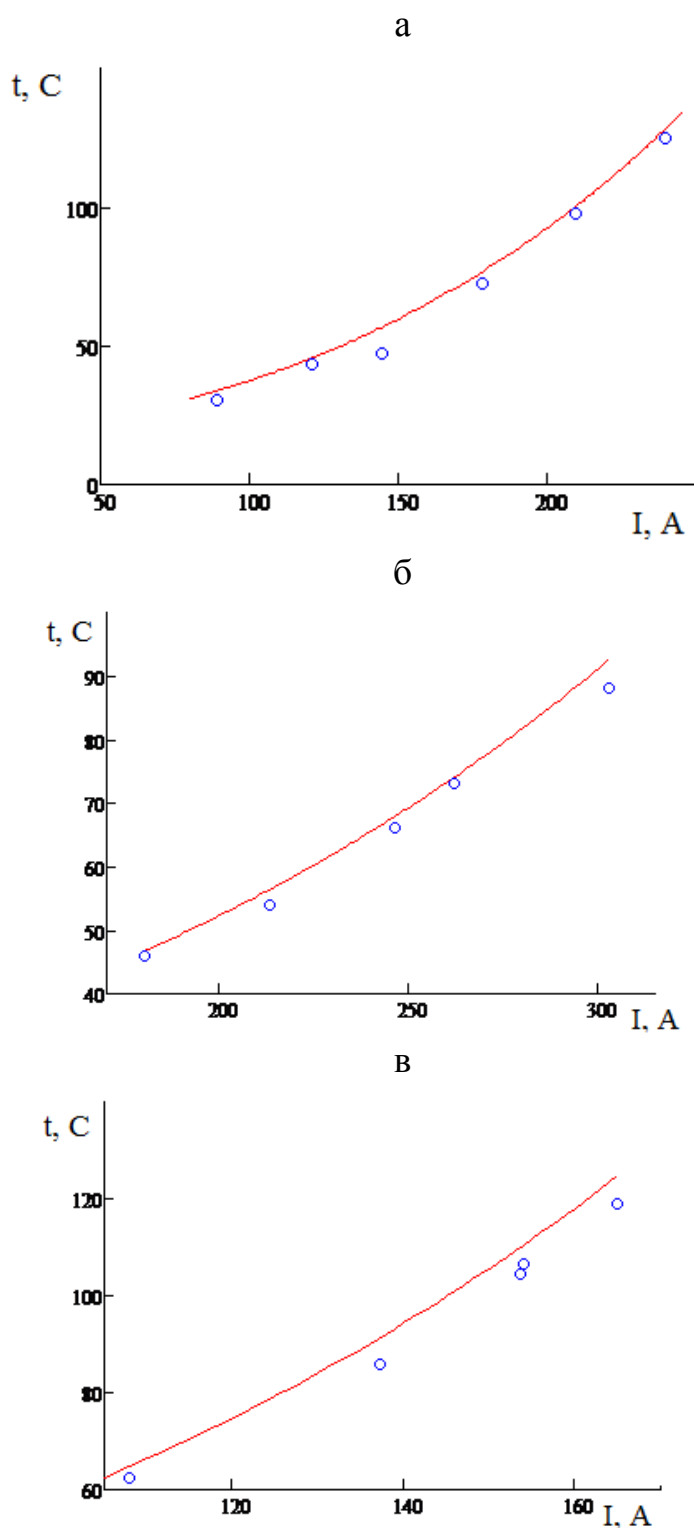


Рисунок 1 – Зависимость температуры многопроволочных медных жил от силы тока, протекающего по проводнику: сплошная линия – результаты расчета; кружки – экспериментальные данные.
 а – кабель ПВ4нг(A)-LS; б – КГ 1×50; в – ПВ6 16.0 ТУ ВУ 500017371.042–2008

Как видно из приведенных зависимостей, имеет место достаточно хорошее совпадение результатов расчета по модели (23)–(27) с данными эксперимента.

Таким образом, разработанная программа на основе модели (23)–(27) позволила определить допустимые длительные токи на нормированную температуру жилы 65 °С и температуру окружающей среды 25 °С для разных сечений многопроволочных медных и алюминиевых жил и показала, что с достаточной точностью тепловые характеристики кабельной продукции могут быть описаны аналитическим выражением вида

$$I = K_1 \cdot S^{K_2} \quad (28)$$

где I – допустимый длительный ток;

K_1 и K_2 – коэффициенты, зависящие от типа кабельной продукции;

S – сечение жилы.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты расчета по выражению (28) и в среде пакета Маткад по модели (23)–(27). Расчеты проведены для различных конструкций кабельных изделий в случае медных и алюминиевых многопроволочных токоведущих жил.

Таблица 1 – Допустимые длительные токи для многопроволочных медных жил ($K_1 = 17,09$, $K_2 = 0,66$)

Сечение кабеля S , мм ²	Допустимый длительный ток I , А		Процент отклонения
	Математическое моделирование	Расчет по (28)	
1	19,5	17,09	12,359
1,5	24,7	22,336	9,571
2,5	33,4	31,296	6,301
4	44,8	42,683	4,726
6	57,4	55,785	2,813
10	79,6	78,162	1,806
16	107	106,602	0,372
25	143,2	143,132	0,047
35	177,9	178,739	-0,472
50	225,1	226,201	-0,489
70	280,9	282,473	-0,56
95	344,2	345,575	-0,4
120	402,3	403,21	-0,226
150	466,9	467,214	-0,067
240	639,3	637,217	0,326

Таблица 2 – Допустимые длительные токи для многопроволочных алюминиевых жил ($K_1 = 13,744$, $K_2 = 0,661$)

Сечение кабеля S , мм ²	Допустимый длительный ток I , А		Процент отклонения
	Математическое моделирование	Расчет по (28)	
2,5	27	25,195	6,687
4	36,2	34,381	5,025
6	46,4	44,956	3,112
10	64,4	63,027	2,132
16	86,56	86,008	0,638
25	115,79	115,541	0,215
35	143,9	144,34	-0,306
50	182	182,744	-0,409
70	227,13	228,295	-0,513
95	278,25	279,395	-0,412
120	325,29	326,081	-0,243
150	377,26	377,942	-0,181
185	434,96	434,178	0,18
240	516,96	515,746	0,235

Как видно, зависимость (28) может быть использована для оценки пожаробезопасных токов при длительной нагрузке кабельной продукции различных сечений токопроводящих жил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование стационарного нагрева изолированного проводника с учетом мощности источника теплоты от температуры и теплообмена с окружающей средой / А.С. Дмитриченко [и др.] // Пожарная безопасность. – 2012. – № 1. – С. 67–73.

2. Карслоу, Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карслоу, Д. Егер. – Москва: Наука, 1964. – 562 с.

3. Мартыненко, О.Г. Свободно-конвективный теплообмен. Справочник / О.Г. Мартыненко, Ю.А. Соковишин. – Минск: Наука и техника, 1982. – 398 с.

4. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 348 с.

5. Официальный интернет-портал компании РТС [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ptc.com/product/mathcad> – PTC Mathcad is engineering calculation software.



УДК 614.84

**канд. техн. наук Веселивский Р.Б., канд. техн. наук Половко А.П.
Особенности действий персонала и администрации стадиона
«Арена-Львов» при обслуживании, в случае угрозы
или возникновения чрезвычайных ситуаций
в металлоконструкциях крыши стадиона**

*Львовский государственный университет
безопасности жизнедеятельности, г. Львов*

Проанализированы системы безопасности и проектные решения кровли над трибунами стадиона «Арена-Львов». Разработан «Регламент» действий персонала и администрации стадиона «Арена-Львов» при обслуживании, угрозах или возникновении чрезвычайных ситуаций в металлоконструкциях крыши стадиона. Приведена оценка возможной метеорологической обстановки в г. Львове. Представлены характеристики кровли стадиона и системы раннего выявления чрезвычайных ситуаций и оповещения людей. Осуществлен анализ эксплуатации металлических конструкций крыши стадиона в течение года и дана оценка их технического состояния.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, металлоконструкция, система раннего выявления ЧС, докритическое и критическое состояние, действия персонала и администрации.

**Ph.D. (Tech.) R.B. Veselivsky, Ph.D. (Tech.) A.P. Polovko
Peculiarities of the personnel and administration actions
of the stadium «Arena Lviv» at the service, in case of a threat or emergency
situations in the metalwares of the stadium roof**

Lviv State University of Life Safety, Lviv

The security systems and design solutions of the roof over the platforms of «Arena-Lviv» are analyzed. «Regulations» of the employees and administration actions of the stadium «Arena-Lviv» at service, threats or emergency situations in the metalwares of the stadium roof is developed. Evaluation of possible weather conditions in Lviv is held. Characteristics of the stadium roof and the system of early detection of emergencies and alarm are presented. Analysis of the operation of the metal constructions of the stadium roof during the year and the evaluation of their technical condition is carried out.

Keywords: emergency situation, metalware, early detection system of emergency situations, subcritical and critical state, personnel and administration actions.

Введение

За последние пять лет на Украине построено и реконструировано около десяти футбольных арен. В со-

ответствии с проектными решениями над трибунами для защиты зрителей от атмосферных осадков предусмотрена кровля. Она является сложным

архитектурно-строительным решением, которое требует постоянного контроля технического состояния, особенно при чрезвычайных ситуациях (далее – ЧС). В 2012 году во Львове для проведения Чемпионата Европы по футболу введен в эксплуатацию футбольный стадион «Арена-Львов».

Согласно [1], такой объект относится к зданиям и сооружениям класса ответственности ССЗ, то есть к зрелищным объектам с массовым пребыванием людей, отказ которого подвергает опасности множество людей и приводит к потере значительных материальных ценностей. Бесспорно, что при эксплуатации таких сооружений необходимо предусматривать меры по повышению оперативности реагирования на угрозу и возникновение чрезвычайных ситуаций с целью предупреждения возможной гибели людей и уменьшения материальных потерь.

Цель работы. Целью работы является разработка «Регламента» действий администрации и персонала стадиона «Арена-Львов» при угрозе или возникновении ЧС в металлоконструкциях крыши стадиона.

Постановка задачи. Учитывая требования «Зеленой книги» УЕФА относительно проведения футбольных матчей, стадионы должны быть оборудованы соответствующими системами безопасности. Кроме систем безопасности, в обязательном порядке должны разрабатываться регламенты и планы действий администрации и персонала в случае угроз и возникновения ЧС (непредсказуемых событий)

различного характера в здании и на территории спортивной арены [2].

Одним из направлений безопасной эксплуатации футбольной арены является постоянный и поэтапный регламент действий персонала при обслуживании и угрозах или возникновении ЧС в металлоконструкциях крыши стадиона, который распространяется на всю территорию стадиона и является обязательным для выполнения ответственными должностными лицами и работниками стадиона. Необходимость «Регламента» обусловлена четким соблюдением порядка действий администрации и персонала, а также выполнением мероприятий по организации и проведению работ по предотвращению и ликвидации ЧС.

Основной материал

Оценка метеорологической обстановки

Для металлоконструкций стадиона «Арена-Львов» основными природными факторами, которые могут привести к возникновению ЧС, являются снеговые нагрузки, обледенение, град, дождь, сильные и ураганные ветры, шквалы, смерчи [3, 8].

Циклоническая деятельность над территорией города Львова в целом наблюдается в любое время года, но особенно активна зимой. Циклоны часто сопровождаются усилением ветра до 15 м/с и более. Таких дней в году в районе насчитывается в среднем около 26. По данным долгосрочных наблюдений, ежегодно максимальная скорость ветра может достичь 15-21 м/с, один раз в 10 лет –

20-25 м/с, один раз в 20 лет – 22-27 м/с и более.

В летний период, при кучево-дождевой облачности, грозах и ливнях часто возникают шквалы. Скорость ветра при этом может достичь 20-30 м/с. Шквалы могут носить локальный характер, но с большими материальными убытками. Смерчи чаще всего возникают в жаркое время года – с конца мая по август. Скорость

ветра при смерчах может достигать 50-100 м/с с большой подъемной составляющей и приводить к катастрофическим разрушениям. В зимний период в виде 22 дня наблюдаются осадки снега, в связи с чем возможны снежные заносы, гололед, обледенения.

В таблице 1 приведен перечень прогнозируемых ЧС.

Таблица 1 – Перечень прогнозируемых чрезвычайных ситуаций

№ ЧС	Подкласс ЧС	Группа ЧС	Место (источник) возникновения ЧС	Характер ЧС	Уровень ЧС
Класс ЧС – ЧС ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА (код 20000)					
1	Метеорологические ЧС (код 20200)	Сильный дождь (ливень) (количество осадков за 1 час 30 мм и более) (код 20211)	Погодно-климатические условия	Разрушение сооружений, нарушения работы предприятия	Объектный
2		Крупный град (диаметр градин более 20 мм) (код 20212)			
3		Очень сильный снегопад (выпадение снега за 12 часов 20 мм и более) (код 20213)			
4		Сильный ветер включая шквалы и смерчи (код 20231)			
5		Сильное налипание снега (слой мокрого замерзшего снега на деревьях, стволах, проводах электросети и т. д. толщиной 35 мм и более) (код 20233)			

Характеристика кровли стадиона

Кровля стадиона является сложным архитектурным решением. Вся крыша стадиона с помощью расширительных соединений делится на несколько частей.

Структура состоит из кровельной и фасадной части, смежной с ней. Это – двойной слой системы пространственных перекрестно-стержневых конструкций, объединенных со стальными

решетками, которые поддерживают пространственные конструкции и смещают нагрузки с помощью двух опорных точек (колонны, система натяжения) по осям на бетонном основании.

Покрытие крыши на верхушке сделано с макролона, а в других частях – с трапециевидных листов с покрытием kalzip. Фасадная часть также покрыта металлическими листами.

Несущая конструкция крыши: стальная ферма, которая закреплена на железобетонном пилоне.

Передача усилий стальной конструкции крыши в бетонную опору происходит с помощью пары растяжения и сжатия. Направление нагрузки силы сжатия в бетон происходит с помощью сжимающего усилия опоры.

Конструкция представляет собой навес, несущие элементы которого выполнены из стальных конструкций без определенного предела огнестойкости. Кровля навеса должна иметь минимальный предел огнестойкости EI 15. Опоры для кровельных и трибунных конструкций являются железобетонными до верхнего края верхнего яруса трибун (предел огнестойкости R 120).

Характеристика системы раннего выявления чрезвычайных ситуаций и оповещения людей в случае их возникновения

Система раннего выявления ЧС и оповещения людей (далее – АСМ) предназначена для раннего выявления ЧС и оповещения людей в случае их возникновения в металлических конструкциях крыши стадиона [4].

Целью создания АСМ является своевременное предупреждение и эвакуация из опасной зоны персонала и посетителей стадиона, а также прогнозирование развития ЧС и оценка ее влияния на посетителей и окружающую среду.

В состав АСМ входят:

- подсистема раннего выявления ЧС в металлоконструкциях крыши стадиона;

- подсистемы оповещения руководящего состава, работающего персонала и посетителей стадиона об угрозе или возникновении ЧС;

- автоматическое рабочее место для мониторинга.

Для эффективного решения задач мониторинга проектом предусмотрено использование контрольно-измерительных средств, имеющих достаточные технические показатели [7].

В состав подсистемы раннего выявления ЧС в металлоконструкциях крыши стадиона входят:

- тензометрические датчики вибрации – 126 шт.;

- измерители угла наклона конструкций – 24 шт.

Подсистема оповещения руководящего состава, работающего персонала и посетителей стадиона об угрозе или возникновении ЧС, подключена к общей системе диспетчеризации стадиона. Это дает возможность осуществлять дистанционный мониторинг строительных конструкций стадиона. В случае обнаружения угрозы или возникновения ЧС, оповещение руководящего состава, работающего персонала и посетителей стадиона осуществляется посредством выдачи сигнала в систему «Оповещение стадиона».

Первый уровень образуют автоматизированные средства измерительной техники о состоянии объектов мониторинга.

Второй уровень представляют устройства сбора, предварительной обработки, хранения и передачи первоначальной информации о контро-

лируемых параметрах состояния объектов мониторинга.

Автоматическое рабочее место мониторинга составляет третий уровень.

В процессе проведения измерений датчики системы получают данные об углах наклона конструкций крыши стадиона и микродеформациях для контроля напряжений в металлоконструкциях крыши.

Эксплуатация металлических конструкций крыши в течение года и оценка их технического состояния

Оценка технического состояния металлических конструкций является одной из регламентированных процедур, которые выполняются с целью проверки их уровня надежности, долговечности и установления возможности дальнейшего использования по назначению [5].

В зависимости от способности конструкции выполнять в течение прогнозируемого срока все функции, предусмотренные нормативной и проектной документацией, техническое состояние металлических конструкций можно классифицировать как:

исправное – если выполняются все требования проекта и действующих на момент обследования норм и государственных стандартов;

работоспособное – если есть частичные отклонения от требований проекта и действующих норм, но без нарушения требований по предельным состояниям, которые в конкретных условиях не ограничивают нор-

мальное функционирование производства;

ограничено работоспособное – когда для обеспечения функционирования производства необходим контроль за состоянием металлоконструкций, продолжительностью их эксплуатации или параметрами технологических процессов (например, требований очистки от снега);

аварийное – если нарушены требования по предельному состоянию (или невозможно в течение прогнозируемого срока предотвратить эти нарушения).

Упомянутые выше предельные состояния определяются в соответствии с [1, 6].

Оценку технического состояния следует выполнять на основании результатов текущих и периодических осмотров или специального обследования, в ходе которого собираются данные о фактическом износе конструкции, уточняются сведения исследования свойств материалов, собирается техническая документация, проводятся необходимые расчеты.

Данный «Регламент» предназначен для координации деятельности администрации и персонала стадиона с целью повышения оперативности их реагирования на угрозу или возникновения ЧС в металлоконструкциях крыши.

Действия персонала и администрации (таблицы 2-6) в случае угрозы или возникновения ЧС согласно [9]:

Таблица 2 – Действия при повседневной работе

Действия персонала	Действия администрации
<p>1. Ежедневно получает информацию о погодных условиях в городе от гидрометеорологического центра Львова.</p> <p>2. В случае отсутствия угрозы оператор АРМ проводит опрос датчиков не менее трех раз в день с записью в журнале.</p> <p>3. Проводится текущий обзор состояния металлоконструкций крыши один раз в 3 месяца.</p> <p>4. Обязательно проводится один раз в 2 года проверка состояния защиты от коррозии. О результате проверки составляется акт</p>	<p>1. Осуществляет контроль за выполнением обязанностей оператора.</p> <p>2. Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши лицами, имеющими специальную подготовку и допуск для работ на высоте. Составляется акт осмотра</p>

Таблица 3 – Действия накануне проведения футбольного матча и других массовых мероприятий

Действия персонала	Действия администрации
<p>1. Проводит обзор состояния металлоконструкций крыши.</p> <p>2. Получает информацию о погодных условиях в городе от гидрометеорологического центра Львова.</p> <p>В случае отсутствия угрозы оператор АРМ проводит снятие данных с датчиков не менее трех раз в день с записью в журнале</p>	<p>1. Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши лицами, имеющими специальную подготовку и допуск до работ на высоте.</p> <p>2. Составляется акт осмотра.</p> <p>3. Осуществляет контроль за выполнением обязанностей оператора</p>

Таблица 4 – Действия в случае угрозы или возникновения чрезвычайных ситуаций во время проведения футбольного матча и других массовых мероприятий

Действия персонала	Действия администрации
<p>1. Получает информацию о погодных условиях в городе от гидрометеорологического центра Львова.</p> <p>2. В случае отсутствия угрозы оператор АРМ проводит снятие данных с датчиков каждые пять минут с записью в журнале</p>	<p>1. Осуществляет контроль за выполнением обязанностей оператора.</p> <p>2. Руководство стадиона принимает решение о полной или частичной эвакуации посетителей в безопасное место</p>

Продолжение таблицы 4

Действия персонала	Действия администрации
<p>3. Службой охраны и стюардинга осуществляется визуальное наблюдение за состоянием металлоконструкций крыши. В случае обнаружения угрозы докладывает старшему смены (старшему стюарду). Организует эвакуацию посетителей из небезопасных мест согласно плану эвакуации. В безопасном месте оказывает первую медицинскую помощь пострадавшим и направляет их в медицинский пункт. Осуществляет контроль за металлоконструкциями крыши на вверенной территории.</p>	<p>3. Обеспечивает быструю эвакуацию посетителей, свободный доступ медперсонала к пострадавшим для оказания медицинской помощи. Направляет персонал к месту чрезвычайной ситуации. 4. Сообщает соответствующим службам: ГСЧС, МВД, медицинская помощь. 5. Служба безопасности должна ограничить доступ к месту аварии посторонних лиц и приступить к аварийно-спасательным работам. 6. Организует комиссию для выяснения причины разрушения.</p>

Таблица 5 – Действия в случае угрозы или возникновения чрезвычайных ситуаций при достижении докритического состояния

Возможный риск	Действия персонала	Действия администрации
СНЕГ, ОБЛЕДЕНЕНИЕ	<p>Обзор проводится по штатным ходовым мостикам. В ходе осмотра необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> - установить толщину снега (обледенения) и места его отложений; - отобрать пробы снега для установления его плотности, лабораторным взвешиванием. Количество проб должно быть не менее 2 на первые 500 м² кровли и по 1 пробе на каждые 1000 м². <p>Толщина снега более 30 см, что составляет 100 кг/м² при расчетной нормативной проектной нагрузке 131 кг/м² составляет 70 %.</p>	<p>Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши лицами, имеющими специальную подготовку и допуск для работ на высоте.</p> <p>Начальник управления эксплуатации стадиона после получения результатов осмотра докладывает директору стадиона и приступает к устранению снежных «мешков» (обледенения) с помощью реагентов с последующим их перемещением к лоткам с электроподогревом.</p>
ВЕТЕР	<p>Обзор проводится по штатным ходовым мостикам. В ходе осмотра необходимо установить:</p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние металлоконструкций крыши и отделки; - площадь повреждений. 	<p>Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши лицами, имеющими специальную подготовку и допуск для работ на высоте.</p> <p>Начальник управления эксплуатации стадиона после получения результатов осмотра докладывает директору стадиона и приступает к устранению выявленных повреждений. Ремонтные работы может выполнять организация, имеющая соответствующую лицензию.</p>

Продолжение таблицы 5

Возможный риск	Действия персонала	Действия администрации
ДОЖДЬ	Обзор крыши имеют право проводить лица, имеющие специальную подготовку и допуск к работе на высоте. В ходе осмотра необходимо установить: состояние металлоконструкций крыши и отделки, состояние лотков.	Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши. Начальник управления эксплуатации стадиона после получения результатов осмотра докладывает директору стадиона и приступает к устранению выявленных повреждений.

Таблица 6 – Действия персонала в случае угрозы или возникновения чрезвычайных ситуаций при достижении критического состояния

Возможный риск	Действия персонала	Действия администрации
СНЕГ, ОБЛЕДЕНЕНИЕ	Обзор проводится по штатным ходовым мостикам. В ходе осмотра необходимо: - установить толщину снега (обледенения) и места его отложения; - отобрать пробы снега для установления его плотности лабораторным взвешиванием.	Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши лицами, имеющими специальную подготовку и допуск к работе на высоте. Начальник управления эксплуатации стадиона приступает к устранению снежных «мешков» (обледенения) с помощью реагентов с последующим их перемещением к лоткам с электроподогревом.
ВЕТЕР	Обзор проводится по штатным ходовым мостикам. В ходе осмотра необходимо установить: - состояние металлоконструкций крыши и отделки; - площадь повреждений.	Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши лицами, имеющими специальную подготовку и допуск к работе на высоте. Начальник управления эксплуатации стадиона после получения результатов осмотра докладывает директору стадиона и приступает к устранению выявленных повреждений. Ремонтные работы может выполнять организация, имеющая соответствующую лицензию.
ДОЖДЬ	Обзор проводится по штатным ходовым мостикам. В ходе осмотра необходимо установить: - состояние металлоконструкций крыши и отделки; - состояние лотков.	Организует проведение осмотра металлоконструкций крыши лицами, имеющими специальную подготовку и допуск к работе на высоте. Начальник управления эксплуатации стадиона после получения результатов осмотра докладывает директору стадиона и приступает к устранению выявленных повреждений.

Основанием для проведения мероприятий «Регламента» является факт угрозы или возникновения ЧС

в металлоконструкциях крыши, последствия которых распространяются на территорию спортивного сооружения.

ния. Объем необходимых ресурсов для выполнения мероприятий зависит от конкретных обстоятельств.

Заключение

1. Разработан «Регламент» действий персонала и администрации стадиона «Арена-Львов» при обслуживании, в случае угрозы или возникновения ЧС в металлоконструкциях крыши стадиона.

2. Необходимо четкое соблюдение требований нормативных документов в сфере строительства при проектировании и эксплуатации спортивных сооружений, которое обеспечит долговечную эксплуатацию сооружения и безопасность персонала, зрителей и посетителей.

3. Соблюдение требований «Регламента» гарантирует выявление и предотвращение возникновения возможных ЧС природного характера в металлоконструкциях крыши стадиона «Арена-Львов».

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Видання офіційне. – К., 2009.

2. Stationery Office, Guide to Safety at Sports Grounds (Green Guide), The Stationery Office, 2008.

3. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінрегіонбуд України. – Київ, 2006.

4. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. Наказ № 288 від 15.05.2006р., «Про затвердження правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення».

5. ДСТУ Б В.2.6-75:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції металеві будівельні. Загальні технічні умови. – К., 2008.

6. ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Видання офіційне. – К., 2008.

7. ДСТУ Б А.2.4-14:2005. СПДБ. Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Технічне завдання – Київ: Держбуд України, 2005.

8. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007. ССБП. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. – К., 2007.

9. ДБН В.1.2-9-2008. СНББ. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. – К., 2008.



УДК 614.843 (075.32)

д-р техн. наук, проф. Гулида Э.Н., канд. техн. наук Коваль А.М.*
Оптимизация размеров пожарных отсеков
цехов деревообрабатывающих предприятий

*Львовский государственный университет
безопасности жизнедеятельности, г. Львов*

**Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков*

Рассмотрены и проанализированы методы определения размеров пожарных отсеков. Разработаны математическая модель и метод определения оптимальных размеров пожарных отсеков для цехов деревообрабатывающих предприятий. На основании математической модели разработана блок-схема алгоритма определения оптимальных размеров пожарных отсеков с использованием метода Монте-Карло для решения поставленной задачи. Разработанный метод позволяет получать оптимальные значения размеров пожарных отсеков с вероятностью 0,95...0,98.

Ключевые слова: математическая модель, пожарный отсек, блок-схема алгоритма.

Dr. (Tech.), prof. E.N. Gulida, Ph.D. (Tech.) A.M. Koval*
Optimization of the sizes of fire compartments
workshops woodworking enterprises

Lviv State University of Life Safety, Lviv

** National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkov*

Methods of the sizes definition of fire compartments are considered and analyzed. Mathematical model and method for the determination of the optimum dimensions of fire compartments for workshops woodworking enterprises are developed. The block diagram of the algorithm for determination of the fire compartments optimum dimensions using Monte-Carlo method for solving the tasks is developed on the basis of the mathematical model. The developed method allows to obtain the optimal values of the fire compartments dimensions with a probability of 0,95...0,98.

Keywords: mathematical model, fire compartment, algorithm flowchart.

Введение

Известно, что пожарный отсек – это часть здания, выделяемая противопожарными преградами (стенами, зонами, перекрытиями) с целью ограничения возможной площади пожара и обеспечения условий для его ликвидации. Выполнение пожарных

отсеков обусловлено большими размерами современных производственных и гражданских зданий, в которых находятся значительные материальные ценности из горючих материалов, особенно на деревообрабатывающих предприятиях, что может привести при их отсутствии к значительным

материальным убыткам от пожара. К тому же до настоящего времени отсутствуют методы определения оптимальных размеров площадей пожарных отсеков, что в ряде случаев приводит к возникновению проблемы, которая тормозит проектирование и строительство различных производственных зданий и сооружений.

Вопросы, касающиеся определения размеров пожарных отсеков, рассмотрены в своде правил СП 2.13130.2012 «Обеспечение огнестойкости объектов защиты», утвержденных приказом МЧС России от 21.11.2012 № 693. В этом документе площадь пожарного отсека выбирается в зависимости от категории здания или пожарного отсека, этажности здания и степени его огнестойкости, а также класса его конструктивной опасности.

Обоснованию размеров пожарных отсеков посвящено много работ, в том числе А.Н. Баратова, В.П. Дьяконова, Ю.В. Кривцова и др. Однако до настоящего времени не установлены критерии для оценки принятых размеров пожарных отсеков. В некоторых работах, например Д.Г. Пронина [1, 2], обосновываются размеры пожарных отсеков с использованием пожарных рисков. Такой подход носит субъективный характер. При рассмотрении вопросов, связанных с размерами пожарных отсеков, также уделялось внимание их огнестойкости. В этом направлении внесли большой вклад И.Ф. Астахова, И.С. Молчадский [3], С.В. Пузач [4], С.Л. Фомин [5] и др.

Таким образом, в достаточной степени еще не установлены критерии для принятия оптимального решения относительно деления зданий и сооружений на пожарные отсеки, что обуславливает необходимость разработки метода оптимального нормирования их размеров, особенно для цехов деревообрабатывающих предприятий, которые изготавливают изделия из горючих материалов.

Цель работы. Разработать метод определения оптимальных размеров пожарных отсеков одноэтажных зданий производственных цехов деревообрабатывающих предприятий.

Постановка задачи и ее решение. При рассмотрении компоновочного плана цеха деревообрабатывающего предприятия можно отметить, что вся площадь цеха разделена на отдельные производственные участки. Многие производственные участки повышенной пожарной опасности отделены от общей площади цеха противопожарными защитными стенами, то есть эти участки уже помещены в своеобразный пожарный отсек. Тогда для размещения пожарных отсеков остается площадь цеха, на которой размещены производственное оборудование и соответствующие производственные участки. В этом случае высвобождающаяся площадь цеха S для размещения пожарных отсеков может быть определена с использованием зависимости

$$S = S_y - \sum_{i=1}^n S_i, \quad (1)$$

где $S_{ц}$ – общая производственная площадь цеха, м²;

S_i – площадь i -го участка повышенной пожарной опасности, м²;

n – общее количество в цехе участков повышенной пожарной опасности, которые изолированы от общей производственной площади цеха.

Ставится задача определить оптимальные размеры пожарных отсеков, которые можно разместить на производственной площади цеха S . Для решения этой задачи необходимо использовать оптимизационную математическую модель, позволяющую определить оптимальные размеры пожарных отсеков.

На *первом* этапе определяем количество пожарных отсеков Π , которые можно разместить на производственной площади S цеха

$$\Pi = \frac{S}{S_{н.о}}, \quad (2)$$

где $S_{н.о}$ – нормативное значение площади пожарного отсека, м² [7].

Расчетное значение Π округляем до целого числа и принимаем действительное значение Π_0 .

На *втором* этапе определяем действительное значение площади $S_{д.о}$ каждого пожарного отсека

$$S_{д.о} = \frac{S}{\Pi_0}. \quad (3)$$

На *третьем* этапе определяем площади $S_{y.i}$ производственных участков и их размещение в пожарных

отсеках, которые размещаются на высвобождаемой производственной площади S цеха. При этом пожарные отсеки за номерами располагаем согласно производственному процессу, протекающему в цеху, то есть отсек O_1 размещается в начале производственного процесса, а отсеки O_{m-1} , O_m – в конце процесса, m – общее количество номеров последовательно размещенных отсеков.

$$\sum_{i=1}^q S_{y.i} = \gamma S, \quad (4)$$

где q – общее количество производственных участков, которые размещаются на высвобождаемой производственной площади S цеха;

γ – коэффициент, который учитывает проходы и проезды на производственных участках; $\gamma = 0,7 \dots 0,8$ [6].

На *четвертом* этапе составляем оптимизационную математическую модель для определения размеров пожарных отсеков.

Функция цели

$$S_{д.о.i} \Rightarrow \max; \quad (5)$$

при критерии

$$|S_{н.о.i} - S_{д.о.i}| \Rightarrow \min; \quad (6)$$

при ограничениях

$$a_1 \leq S_{н.о.i} \leq b_1; \quad (7)$$

$$a_2 \leq \Pi_{д.о.i} \leq b_2; \quad (8)$$

$$S_{\delta.o.i} P_{\delta.i} \geq \gamma S; \quad (9)$$

$$S_{\delta.o.i} P_{\delta.i} \leq S; \quad (10)$$

$$p_i \geq [p], \quad (11)$$

где a_1 – минимальное значение нормативной площади пожарного отсека, m^2 ; $a_1 = 0,9 S_{н.о}$ [7];

$b_1 = 1,1 S_{н.о}$ – максимальное значение нормативной площади пожарного отсека, m^2 [7];

a_2 – значение $P_{\delta.i}$, рассчитанное с использованием зависимости (2) и округленное до целого числа в меньшую сторону;

b_2 – значение $P_{\delta.i}$, рассчитанное с использованием зависимости (2) и округленное до целого числа в большую сторону; в случае получения согласно зависимости (2) целого числа $P_{\delta.i}$ необходимо для определения a_2 от $P_{\delta.i}$ отнять единицу, а для определения b_2 – прибавить единицу;

p – вероятность попадания исследуемой точки в область допустимых решений;

$p = k/N$, k – число точек (циклов работы компьютера), попавших в область допустимых решений;

N – общее число циклов работы компьютера при решении задачи;

$[p]$ – допустимое значение вероятности попадания исследуемой точки в область допустимых решений.

Для решения оптимизационной модели и определения размеров пожарных отсеков воспользуемся методом Монте-Карло [8]. Область допустимых решений, которая определяется ограничениями (7)...(10), окружают

m -мерным параллелепипедом, в котором проводим исследование. Поставленную задачу лучше всего решать с использованием ПЭВМ. С помощью датчика компьютера образуют последовательность псевдослучайных чисел μ_i в интервале 0...1. Для превращения псевдослучайных чисел μ_i , которые равномерно распределены в интервале 0...1, к значениям $S_{н.о.i}$ и $P_{\delta.i}$ используем зависимости

$$S_{н.о.i} = a_1 + \mu_{1i}(b_1 - a_1); \quad (12)$$

$$P_{\delta.i} = a_2 + \mu_{2i}(b_2 - a_2). \quad (13)$$

Блок-схема алгоритма решения оптимизационной математической модели определения оптимальных размеров пожарных отсеков изображена на рисунке 1.

После введения исходных данных в блок 1 выполняется зануливание циклов работы системы в блоке 2 и генерирование псевдослучайных чисел в блоке 3. Полученные псевдослучайные числа преобразуются в блоке 4 к значениям $S_{н.о.i}$ и $P_{\delta.i}$ согласно зависимостям (12) и (13). Кроме того, значение количества пожарных отсеков в этом блоке необходимо округлить до целого числа: если значение $P_{\delta.i}$ после целого числа будет иметь значение меньше или равно 0,5, то округлить в меньшую сторону до целого числа; если значение $P_{\delta.i}$ после целого числа будет больше 0,5, то округлить в большую сторону до целого числа. В этом же блоке согласно зависимости (3) определяют действительное значение площади $S_{\delta.o.i}$ пожарного отсека.

В блоке 5 выполняется присвоение каждого последующего цикла решения задачи. В 6 и 7 блоках осуществляется проверка ограничений (9) и (10). В случае невыполнения условий (9) и (10) цикл решения задачи прерывается и начинается решение с блока 3.

В блоке 8 определяется значение критерия для оценки полученного ре-

зультата, а в блоке 9 проверяется порядковый номер цикла работы компьютера при решении задачи. В случае, если выполняется только первый цикл, решение задачи прерывается в блоке 9 и начинается решение с блока 3. Это объясняется тем, что после первого цикла отсутствуют данные для сравнения полученного значения критерия с предыдущим.

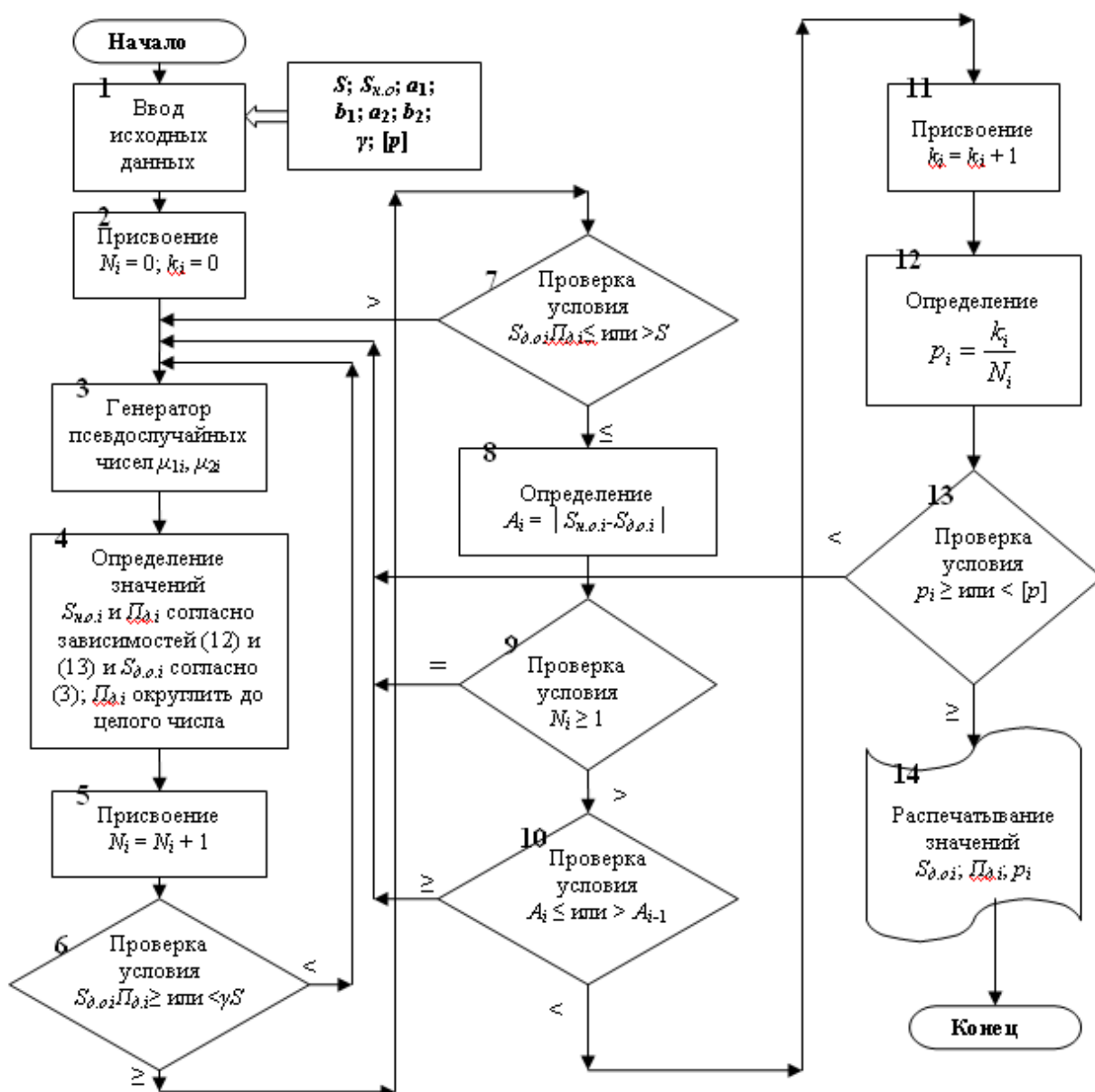


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма определения оптимальных размеров и количества пожарных отсеков

Блок 10 предназначен для проверки текущего значения критерия с предыдущим. В случае невыполнения условия решение задачи прерывается в блоке 10 и начинается решение с блока 3. В блоке 11 выполняется присвоение каждого последующего цикла k_i продолжения решения задачи. В 12 блоке определяется значение вероятности попадания точки в область допустимых решений. Проверка условия того, что определенное значение вероятности p_i больше или равно допустимому значению, выполняется в блоке 13. Если условие не выполняется, то решение задачи начинается с блока 3. Блок 14 осуществляет распечатывание результатов расчета.

Для реализации оптимизационной модели определения оптимальных размеров пожарных отсеков для цехов деревообрабатывающих предприятий был разработан для ПЭВМ пакет прикладных программ на языке C++ для работы в среде Windows XP. Оптимизация определения размеров пожарных отсеков выполняется согласно последовательности, которая изображена на блок-схеме алгоритма (рисунок 1), на ПЭВМ. Время работы ПЭВМ составляет 5-7 с для 5 тысяч испытаний (N_i – циклов).

Рассмотрим выполнение нескольких циклов работы ПЭВМ на

примере определения оптимальных размеров пожарных отсеков для отделочно-сборочного цеха деревообрабатывающего предприятия (г. Самбор, Львовская область, ул. В. Черновола, 36).

Пример. Определить количество и оптимальные размеры пожарных отсеков для отделочно-сборочного цеха деревообрабатывающего предприятия (г. Самбор, Львовская область, ул. В. Черновола, 36). Ширина цеха – 72 м, длина цеха с шагом колон 6 м – 192 м, общая площадь цеха $S_{ц} = 14\,256 \text{ м}^2$; высота цеха до ферм – 6 м. Суммарная площадь участков повышенной пожарной опасности

$\sum_{i=1}^n S_i = 5184 \text{ м}^2$, которые отделены от общей площади цеха противопожарными защитными стенами. Нормативная площадь пожарного отсека $S_{н.о} = 3500 \text{ м}^2$ (здание одноэтажное категории Б, IV степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности C0). $\gamma = 0,7$; $[p] = 0,5$; $a_1 = 0,9$; $S_{н.о} = 3150 \text{ м}^2$; $b_1 = 1,1$; $S_{н.о} = 3850 \text{ м}^2$; $a_2 = 2$; $b_2 = 3$; $S = 14\,256 - 5184 = 9082 \text{ м}^2$.

Общий вид цеха изображен на рисунке 2, поперечный разрез цеха – на рисунке 3.



Рисунок 2 – Внешний вид отделочно-сборочного цеха

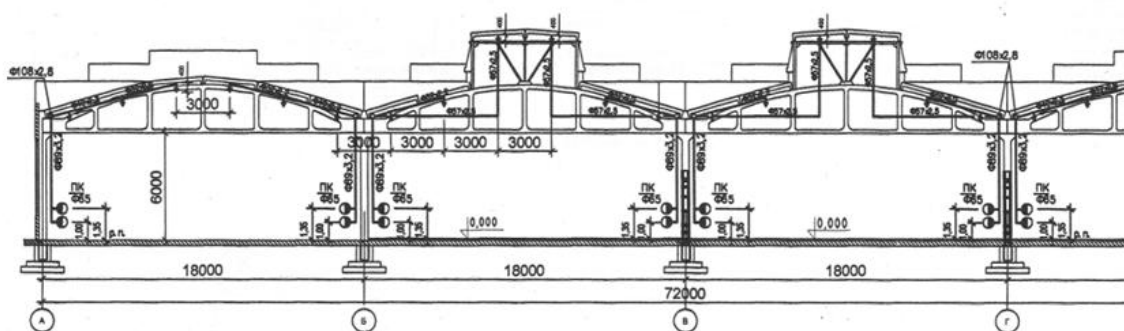


Рисунок 3 – Поперечный разрез здания цеха

Решение

Блок 1. Введение исходных данных: $S = 9082 \text{ м}^2$; $S_{н.о} = 3500 \text{ м}^2$; $a_1 = 3150 \text{ м}^2$; $b_1 = 3850 \text{ м}^2$; $a_2 = 2$; $b_2 = 3$; $\gamma = 0,7$; $[p] = 0,5$.

Блок 2. Присвоение $N_i = 0$; $k_i = 0$.

Цикл 1.

Блок 3. Генерирование псевдослучайных чисел: $\mu_{11} = 0,52$; $\mu_{21} = 0,48$.

Блок 4. Определение значений $S_{н.о.i} = 3150 + 0,52 \cdot (3850 - 3150) =$

$$= 3514 \text{ м}^2;$$

$$P_{д.i} = 2 + 0,48 \cdot (3 - 2) = 2,48$$

(округляем до 2), то есть $P_{д.i} = 2$;

$$S_{д.о.i} = \frac{9082}{2} = 4541 \text{ м}^2.$$

Блок 5. Присвоение $N_i = 0 + 1 = 1$.

Блок 6. Проверка условия $S_{д.о.i}P_{д.i} \geq$ или $< \gamma S$; $4541 \cdot 2 > 0,7 \cdot 9082$; в этом случае переходим к блоку 7.

Блок 7. Проверка условия $S_{д.о.i}P_{д.i} \leq$ или $> S$; $4541 \cdot 2 = 9082$; в этом случае переходим к блоку 8.

Блок 8. Определение

$$A_i = |S_{н.о.i} - S_{д.о.i}| = |3514 - 4541| = 1027 \text{ м}^2.$$

Блок 9. Проверка условия $N_i = 1$; в этом случае переходим к блоку 3.

Цикл 2.

Блок 3. Генерирование псевдослучайных чисел: $\mu_{12} = 0,49$; $\mu_{22} = 0,64$.

Блок 4. Определение значений $S_{н.о.i} = 3150 + 0,49 \cdot (3850 - 3150) = 3493 \text{ м}^2$;

$$P_{д.i} = 2 + 0,64 \cdot (3 - 2) = 2,64$$

(округляем до 3), то есть $P_{д.i} = 3$;

$$S_{д.о.i} = \frac{9082}{3} = 3027,3 \text{ м}^2.$$

Блок 5. Присвоение $N_i = 1 + 1 = 2$.

Блок 6. Проверка условия

$$S_{d.o.i}P_{d.i} \geq \text{или} < \gamma S;$$

$3027,3 \cdot 3 > 0,7 \cdot 9082$; в этом случае переходим к блоку 7.

Блок 7. Проверка условия

$$S_{d.o.i}P_{d.i} \leq \text{или} > S;$$

$3027,3 \cdot 3 < 9082$; в этом случае переходим к блоку 8.

Блок 8. Определение

$$A_i = |S_{n.o.i} - S_{d.o.i}| = \\ = |3493 - 3027,3| = 465,7 \text{ м}^2.$$

Блок 9. Проверка условия

$N_i = 2 > 1$; в этом случае переходим к блоку 10.

Блок 10. Проверка условия

$A_i \leq \text{или} > A_{i-1}$; $465,7 \text{ м}^2 < 1027 \text{ м}^2$; в этом случае переходим к блоку 11.

Блок 11. Присвоение

$$k_i = 0 + 1 = 1.$$

Блок 12. Определение

$$p_i = 1/2 = 0,5.$$

Блок 13. Проверка условия

$$p_i \geq \text{или} < [p_i];$$

$$p_i = 0,5 = [p_i] = 0,5.$$

Блок 14. Распечатывание значений: $S_{d.o.i} = 3027,3 \text{ м}^2$; $P_{d.i} = 3$; $p_i = 0,5$.

В рассмотренном примере для получения оптимальных значений выполнено только два цикла расчета. Безусловно, что полученные значения еще не есть оптимальными. Это объясняется тем, что для примера взято малое допустимое значение вероятности попадания точки в область допустимых решений $[p_i] = 0,5$. При решении этой задачи на компьютере значение $[p_i]$ принимается в пределах $0,95 \dots 0,98$, что требует проведения во многих случаях $5 \dots 10$ тыс. циклов.

Заключение

1. Разработана математическая оптимизационная модель для расчета оптимальных размеров пожарных от-

секов, которые необходимо размещать в одноэтажных зданиях цехов деревообрабатывающих предприятий.

2. Для решения математической оптимизационной модели был разработан алгоритм с использованием метода Монте-Карло, который позволяет получать оптимальные значения размеров пожарных отсеков с вероятностью $0,95 \dots 0,98$.

3. Наиболее рационально для решения разработанной оптимизационной математической модели использовать компьютер с пакетом прикладных программ, написанных на языке C⁺⁺.

4. Разработанный метод может быть использован с некоторой доработкой для определения оптимальных размеров пожарных отсеков многоэтажных зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пронин, Д.Г.* Деление зданий на пожарные отсеки по высоте в свете Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» / Д.Г. Пронин // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – № 7, – С. 25-26.

2. *Пронин, Д.Г.* Обоснование размеров пожарных отсеков // Автореф. канд. дис. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2011. – 21 с.

3. *Астахова, И.Ф.* Развитие полевого моделирования пожара в помещении и теории огнестойкости в России. / И.Ф. Астахова, И.С. Молчадский // Моделирование пожаров и взрывов. – М.: Изд. «Пожнаука», 2000. – С. 89-105.

4. *Пузач, С.В.* Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС России, 2005. – 336 с.

5. *Фомин, С.Л.* Методика численного определения температурных полей в железобетонных конструкциях при пожаре. / С.Л. Фомин // Республиканский межведомственный сб. «Коммунальное хозяйство городов», Вып. 9. – К.: Техника, 1997. – С. 57-58.

6. *Когут, М.С.* Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні. / М.С. Когут. – Львів: Видавництво

Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.

7. СП 2.13130.2012 Свод правил системы противопожарной защиты «Обеспечение огнестойкости объектов защиты». – М.: МЧС России, 2012. – 46 с.

8. *Гулида, Э.Н.* Управление надежностью цилиндрических зубчатых колес / Э.Н. Гулида. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 136 с.



УДК 614.843.8

Скрипко А.Н., Маслыко Е.М., Емельянов В.К., Верниковская Т.В.
Автоматизация расчетов противопожарных разрывов
как мера повышения качества работы
государственного пожарного надзора

*Учреждение «Научно-исследовательский институт
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

Описаны результаты исследований по применению расчетных методов по определению интенсивности теплового излучения при возможных пожарах, особенности создания и эффективность автоматизированных инструментов, позволяющий на порядок упрощать объем расчета и значительно сокращать время определения величины противопожарного разрыва.

Ключевые слова: интенсивность теплового излучения, противопожарный разрыв, государственный пожарный надзор.

A.N. Skripko, E.M. Maslyko, V.K. Emelyanov, T.V. Vernikovskaya
Automation of fire breaks calculations as a measure to improve the
quality of work the state fire supervision

*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies»
of the Ministry for Emergency Situations of Republic of Belarus, Minsk*

The investigation results on the use of calculation methods for determining the intensity of thermal radiation at possible fires, peculiarities of creation and effectiveness of automated tools to simplify the amount of calculation and significantly reduce the time of determining the amount of fire break are described.

Keywords: intensity of thermal radiation, fire break, state fire supervision.

Введение

Противопожарный разрыв – кратчайшее расстояние в свету между наружными стенами или другими конструкциями зданий (сооружений), а также до границ участков разработки или открытого залегания торфа и лесных массивов.

Противопожарные разрывы предназначены для предупреждения возможности распространения пожа-

ра на соседние здания и сооружения до момента введения сил и средств на тушение пожара и защиту смежных объектов. Требования к противопожарным разрывам между зданиями и сооружениями в зависимости от их степени огнестойкости, классов функциональной пожарной опасности и категорий по взрывопожарной и пожарной опасности устанавливаются [1] и применяются при проектировании нового строительства и ре-

конструкции существующих зданий и сооружений.

Допускается величину разрыва определять расчетом по методикам, приведенным в действующих технических нормативных правовых актах (далее – ТНПА), что становится крайне актуальным при существующей плотной застройке в условиях городской черты.

Основанием для выполнения работ по определению противопожарных разрывов является расчет интенсивности теплового излучения при возможном пожаре согласно [1, 2].

С 2010 года в Республике Беларусь государственным техническим нормативным актом, регламентирующим требования к расчету противопожарных разрывов, является [1]. В настоящее время существуют некоторые трудности по расчету противопожарных разрывов. Нет конкретного алгоритма действий по применению указанной методики, отсутствуют сведения по определению очагов пожаров в зависимости от характера пожарной нагрузки, приведенные справочные сведения по некоторым показателям не всегда информативны при возникающих особенностях расчета и т.п.

В целях облегчения процедуры принятия решения о соответствии противопожарных разрывов требованиям ТНПА, повышения качества работы надзора было предложено автоматизировать процесс определения противопожарных разрывов путем разработки программного средства (далее – ПС).

Основная часть

Целью разработки ПС послужило создание простого и эффективного инструмента, позволяющего на порядок сократить продолжительность выполнения расчета, снизить вероятность ошибочных вычислений у работников органов государственного пожарного надзора при проведении пожарно-технических обследований объектов и их приемке в эксплуатацию.

Использование специальных программных дополнений, составленных с помощью широко используемых инструментов программирования (Mathsoft Mathcad, Matlab, Microsoft Excel) по методикам, приведенным в ТНПА, позволяет снизить вероятность ошибок, значительно сократить продолжительность выполнения расчета. Для большей привлекательности ПС, защиты от вирусных атак была выбрана программная платформа Microsoft. NET Framework 3, 5 SP1, WinForms; использовался язык программирования C#, XML. Операционная система для ПС: Windows XP (версии 32 Bit и 64 Bit), Windows 7 (версии 32 Bit и 64 Bit), Windows 8 (версии 32 Bit и 64 Bit). Для оптимальной работы ПС определены технические требования к персональному компьютеру: процессор Intel Pentium с тактовой частотой 1 ГГц или аналогичный процессор AMD; ОЗУ не менее 512 Мб; жесткий диск – до 500 Мб доступного дискового пространства для установки компонентов NET Framework 3, 5 SP1; дисплей: разре-

шение 800×600, 256 цветов (рекомендуется разрешение 1024×768, 32-разрядный).

Установка ПС осуществляется при помощи файла с расширением *exe*. Положительным результатом установки ПС считается создание ярлыка «Программа для расчета противопожарных разрывов» на рабочем столе персонального компьютера. Запуск ПС осуществляется путем двукратного нажатия на ярлык клавишей периферийного устройства персонального компьютера или выделени-

ем ярлыка и нажатием клавиши «Enter».

Разработанное ПС имеет линейный алгоритм расчета, учитывает особенности расчета величин интенсивности теплового излучения и состоит из блоков «Ввод данных», «Вычисления» и «Результат» (рисунок). В блоке «Ввод данных» вводятся значения коэффициентов, выбираемые из [1, 3]. В блоке «Вычисления» по мере ввода данных рассчитываются значения коэффициентов высоты пламени, эффективного диаметра горения и т.д.

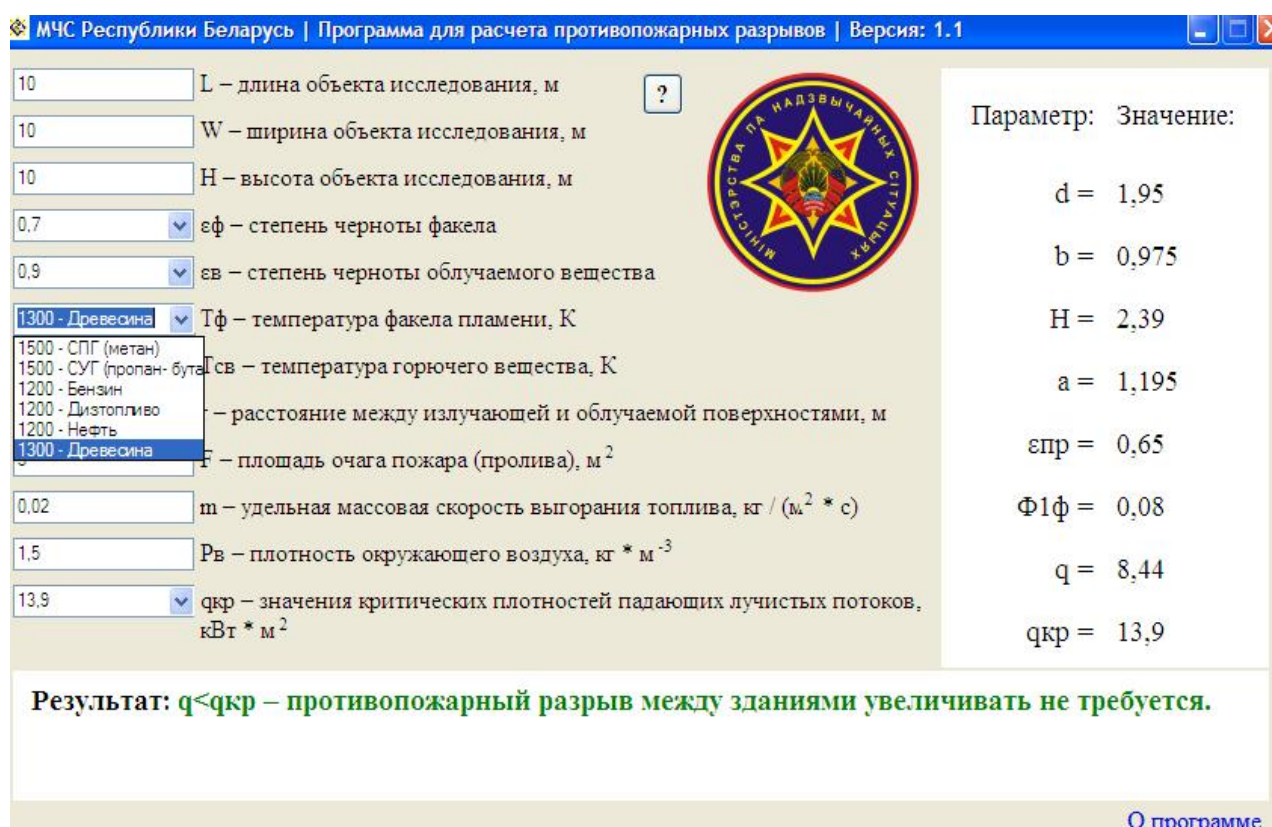


Рисунок – Интерфейс разработанного программного обеспечения

Расчет осуществляется автоматически по мере ввода в блок «Ввод данных» исходных сведений. По результатам расчета в блоке «Результат» прописывается вывод:

«Противопожарный разрыв между зданиями требуется увеличить» – если противопожарный разрыв между зданиями (сооружениями) недостаточен;

«Противопожарный разрыв между зданиями увеличивать не требуется» – если противопожарный разрыв между зданиями (сооружениями) достаточен;

«Пожалуйста, введите необходимые исходные данные для произведения расчетов» – если набор исходных сведений произведен некорректно.

На завершающем этапе разработки ПС осуществлена защита исходных данных от случайного редактирования. Набор данных производится на клавиатуре персонального компьютера цифрами самостоятельно оператором или из выпадающего списка. Знак, разделяющий целые и десятые числа, определен клавишей «Б» клавиатуры персонального компьютера. Самостоятельный ввод данных (вручную) возможен только для параметров r и F , где r – переменный параметр (последовательно подставляются значения от фактического расстояния между объектами до необходимого); F – постоянный параметр – определяется оператором ПС на основе времени воздействия пожара на строительные конструкции [4], объемно-планировочных решений объекта. Интерфейс разработанного программного обеспечения устанавливает упрощенный и необходимый вариант ввода данных работником государственного пожарного надзора путем предоставления визуальных или интерактивных подсказок. В подразделе «?» изложены справочные

сведения о линейном алгоритме расчета противопожарных разрывов по [1].

Для определения эффективности разработанного программного обеспечения были проведены проверочные расчеты и хронометраж на рабочих местах на предмет корректности работы ПС, определения продолжительности расчета противопожарных разрывов в автоматизированном режиме. Оценивались следующие критерии работы ПС:

достаточность вводных сведений, необходимых для проведения расчета;

разница в скорости между выполнением расчетов при помощи ПС (расчет/мин или расчет/час) и «в ручную»;

достоверность сведений, полученных расчетом при ПС.

В эксперименте участвовали работники структурных подразделений НИИ ПБиЧС в количестве 10 человек, обладающие и не обладающие навыками расчета, обладающие необходимыми навыками работы с общедоступными средствами вычислительной техники (инженерный калькулятор, персональный компьютер). Участникам хронометража был предложен одинаковый вариант расчета интенсивности теплового излучения при возможном пожаре (расчета противопожарного разрыва).

Результаты хронометража расчета при помощи программного обеспечения представлены в таблице.

Таблица – Результаты хронометража по определению трудозатрат на проведение расчетов по определению противопожарных разрывов

Порядковый номер работника	Наличие навыков расчета	Продолжительность выполнения расчета, мин, с использованием:	
		общедоступных средств	ПС
1	имеет	43	8
2		35	6
3		57	16
4		43	9
5		51	13
6	не имеет	220	37
7		176	26
8		149	29
9		197	31
10		240	39

По результатам изучения корректности работы программного обеспечения выявлено, что случаются неточности в результатах расчета в цифрах после десятых (сотых) значений. Данная погрешность объясняется «человеческим фактором» в случае проведения расчета «в ручную» и в незначительной мере влияет на корректность расчета.

Заключение

Разработанное ПС соответствует изложенной в [1] методике расчета, корректно при проведении расчетов.

По результатам хронометража установлено:

при использовании общедоступных средств вычислительной техники разница в продолжительности решения поставленной задачи между работниками, обладающими навыками расчета противопожарных разрывов

и не обладающими таковыми, составляет в 4,3 раза;

при использовании разработанного ПС продолжительность выполнения расчета противопожарных разрывов между вышеприведенными категориями работников также существенно сокращается. При этом разница в затратах времени между работниками с опытом выполнения расчета и без него сокращается в 3,2 раза;

разница в затратах времени между ручным и автоматическим расчетом сокращается более чем в 4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 11.05.03-2010 «Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы анализа и оценки пожарной опасности».
2. Технический регламент ТР 2009/013/ВУ «Здания и сооруже-

ния, строительные материалы и изделия. Безопасность» (утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2009 № 1748).

3. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

4. ТКП 45-2.02-242-2011 «Ограничение распространения пожара. Противопожарная защита населенных пунктов и территорий предприятий».



УДК 614.841.45:725.381::550.8.053:519.248

Проровский В.М., канд. техн. наук Иваницкий А.Г.*, Полоз Д.А.**
Программное средство автоматизации определения расчетного времени эвакуации и анализа полученных результатов

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*
**ГУО «Командно-инженерный институт»
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*
***ОАО «Белгорхимпром», г. Минск*

На основании анализа недостатков методики определения расчетного времени эвакуации по ГОСТ 12.1.004, а также с целью снижения трудоемкости выполнения пошагового процесса расчета с использованием кусочно-поточной функции разработано программное средство, позволяющее в автоматизированном режиме выполнять расчет по трем методикам и сопоставлять полученные результаты. Впервые реализована в виде программного расчетного модуля теоретическая методика разделения потока на фрагменты для более точного учета задержек движения.

Ключевые слова: пожарная безопасность людей, расчетное время эвакуации, автоматизация расчета, анализ результатов.

V.M. Prorovsky, Ph.D. (Tech.) A.G. Ivanitsky*, D.A. Poloz**
Software automation tool for determining the estimated time of evacuation and analysis of the received results

The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk
*****The State Educational Establishment «Command and Engineering Institute» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*
*** «Belgorkhimprom», Minsk*

Based on the shortcomings analysis of the methodology for determining the estimated time of evacuation according to GOST 12.1.004, as well as to reduce the complexity of the step-by-step process of calculation with the use of piecewise-continuous functions developed a software tool that allows to automatically perform calculation of three methods and compare to the results. As software calculation module theoretical separation technique flow into fragments for a more accurate accounting of traffic delays is implemented for the first time.

Keywords: fire safety, estimated evacuation time, automation of calculation, analysis of results

В настоящее время в Республике Беларусь при проектировании зданий, сооружений и их комплексов для подтверждения безопасности приня-

тых решений часто используются расчеты в области пожарной безопасности. В частности, при проектировании объектов с массовым пребыванием людей необходимо расчетом подтвердить соответствие расчетного времени эвакуации необходимому [1].

Основополагающей для определения времени эвакуации людей из зданий является методика, изложенная в [2] (далее – методика ГОСТ).

В 2007 году в рамках задания 12 «Разработать комплекс программных средств для решения пожарнотехнических задач» ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций» НИИ ПФП им. Севченко БГУ разработано программное средство, позволяющее производить расчет времени эвакуации по методике ГОСТ [3].

В 2010 году в рамках задания 27 ГППНИ «Разработка и обоснование системы мер для снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Беларусь» одновременно с упрощенной усовершенствованной методикой создана программа, реализующая соответствующий расчет [4]. Кроме алгоритмических различий она имела следующие преимущества: многооконный интерфейс, использование в виде фоновой подложки растрового изображения для построения расчетной схемы эвакуации, механизм ввода масштаба схемы и др. Программы в рамках выполнения этих НИР разрабатывались различными исполнителями и, как следствие, форматы хранения исходных данных не совместимы между собой. В дальнейшем это

затруднило анализ результатов расчета по разным методикам так как требовался повторный ввод исходных данных при котором не могли быть равнозначно оценены специфические особенности программ (заданная точность вычислений, использование аппаратных особенностей ЭВМ и т.д.) что приводило к искажению результатов сравнения.

Вместе с тем реализованная в программах методика ГОСТ имела основные недостатки, которые достаточно хорошо изучены и рассмотрены в литературе и опубликованных результатах исследований [3-5]:

неопределенность методики расчета в ситуации образования скоплений людских потоков сверх критической плотности из-за использования различных формул учета времени задержки движения;

невозможность учета слияния разнесенных во времени потоков в процессе эвакуации;

неоднозначная зависимость скорости и плотности людского потока от его интенсивности;

неопределенность понятия наиболее удаленного участка и др.

Для повышения объективности результатов расчета за счет уменьшения негативного влияния вышеуказанных недостатков на конечный результат расчета белорусскими исследователями Дмитриченко А.С., Полевой И.И. и Соболевским С.Л. были предложены две усовершенствованные методики расчета времени эвакуации людей: общая (далее – ТКП) [5] и уточненная, на основе так называемой кусочно-поточной функции

(далее – КПФ) [4, 5, 7, 8], имеющие ряд преимуществ в сравнении с действующей методикой ГОСТ. В соответствии с теоретическими выкладками последняя методика дает более точные значения при вычислениях, но вместе с тем более сложна для понимания и на порядок сложнее при ручном расчете за счет экспоненциального роста числа действий по мере дробления потоков на фрагменты.

С целью автоматизации процесса расчета по уточненной методике КПФ и обеспечения возможности анализа результатов расчета, полученных по всем выше приведенным методикам, была поставлена цель разработки соответствующего программного средства. Для это были решены следующие задачи:

программная реализация расчета по методике КПФ;

реализация модульной структуры с использованием единого редак-

тора схем и одного формата хранения данных (конкретные методики вынесены в отдельные функциональные модули и могут выполняться либо по отдельности, либо поочередно для сравнительного анализа результатов);

создание аналитического модуля, позволяющего представлять в наглядном виде результаты комплексных расчетов и обосновывать выбор конкретной методики.

Программное средство построено из следующих функциональных модулей (рисунок 1):

- графический редактор схем;
- автоматический генератор схем;
- расчетный модуль «ГОСТ»;
- расчетный модуль «ТКП»;
- расчетный модуль «Кусочно-поточная функция»;
- модуль анализа;
- генератор отчетов.

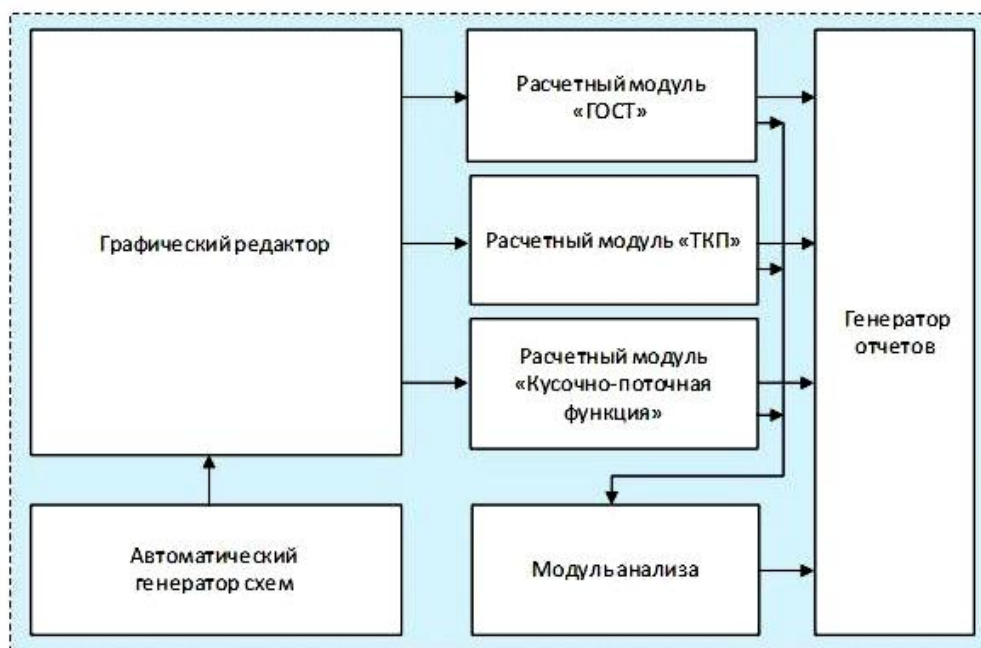


Рисунок 1 – Основные модули программного средства

Модуль ввода данных (графический редактор схем) определяет графический интерфейс пользователя, предоставляет возможности по созданию, редактированию, сохранению расчетной схемы эвакуации людей, вводу параметров участков путей эвакуации, числа и типа, находящихся на участках людей (рисунки 2, 3). Предусмотрена возможность разбиения схемы на части, которые могут редактироваться в отдельных окнах, например при отдельном вводе каждого этажа в многоэтажных зданиях. В качестве фонового изображения при рисовании схемы может быть использован представленный в электронном виде чертеж (отсканированный, сфотографированный или импортирован-

ный из САПР), при этом имеется возможность автоматической привязки масштаба изображения к параметрам участков.

В качестве визуального интерфейса программы использован так называемый TDI (Tabbed document interface), являющийся разновидностью MDI (Multiple document interface), предполагающий использование оконного интерфейса, в котором большинство окон (исключая модальные) расположены внутри одного общего окна. Любое из окон может быть вызвано выбором соответствующей вкладки. Предусмотрена возможность изменения цветовых схем интерфейса, размеров управляющих элементов и т.д.

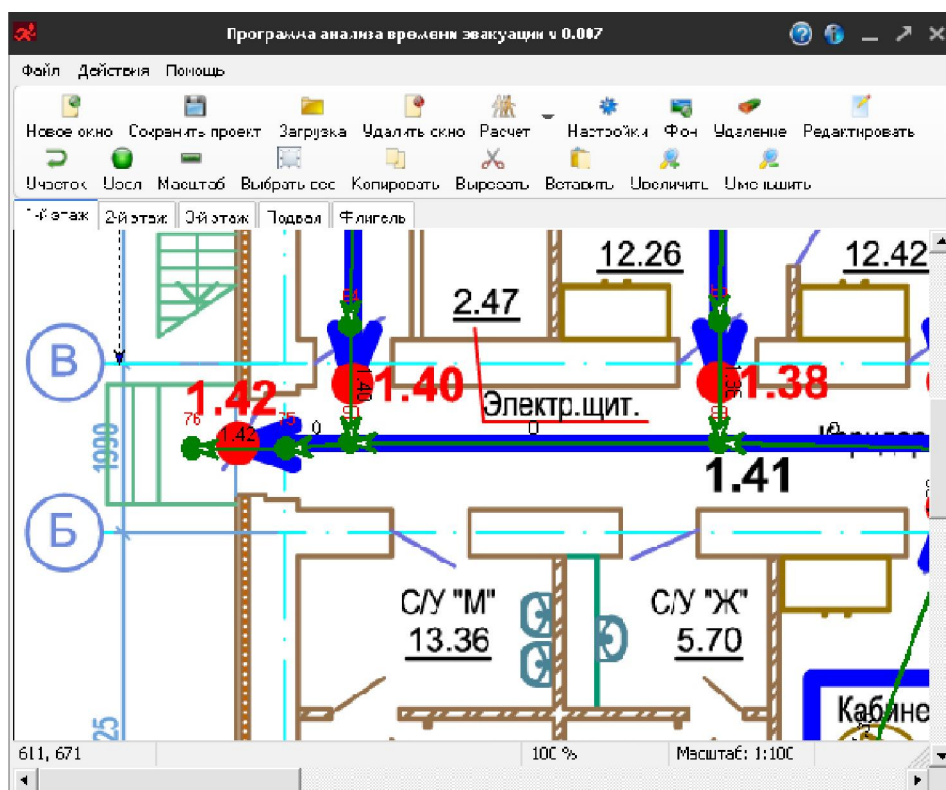


Рисунок 2 – Внешний вид редактора схем (подложка – чертеж плана этажа в среде AutoCAD)

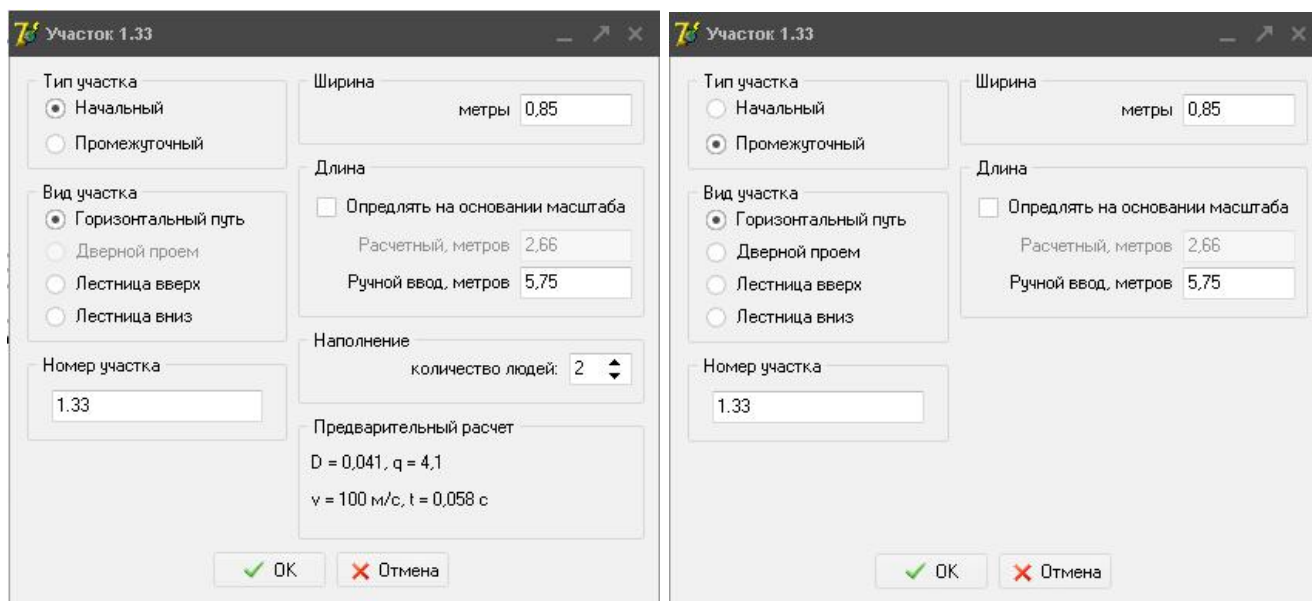


Рисунок 3 – Окна изменения параметров горизонтального начального участка и узла схемы

Автоматический генератор схем предназначен для построения случайных схем с заданным диапазоном параметров и может использоваться для построения схем тестирования или использования в учебных целях при подготовке заданий. Настройки позволяют регулировать глубину сложности создаваемой расчетной схемы.

Модули обработки данных (расчетные) реализуют конкретные расчетные алгоритмы, а именно: по ме-

тодике ГОСТ, по упрощенной методике [6], кусочно-поточный функции методики [5], а также вывод информации в файл выходных данных.

Модуль анализа – предназначен для сравнения результатов выполнения расчета по разным методикам, наглядного табличного и графического представления расчетных величин (рисунок 4).

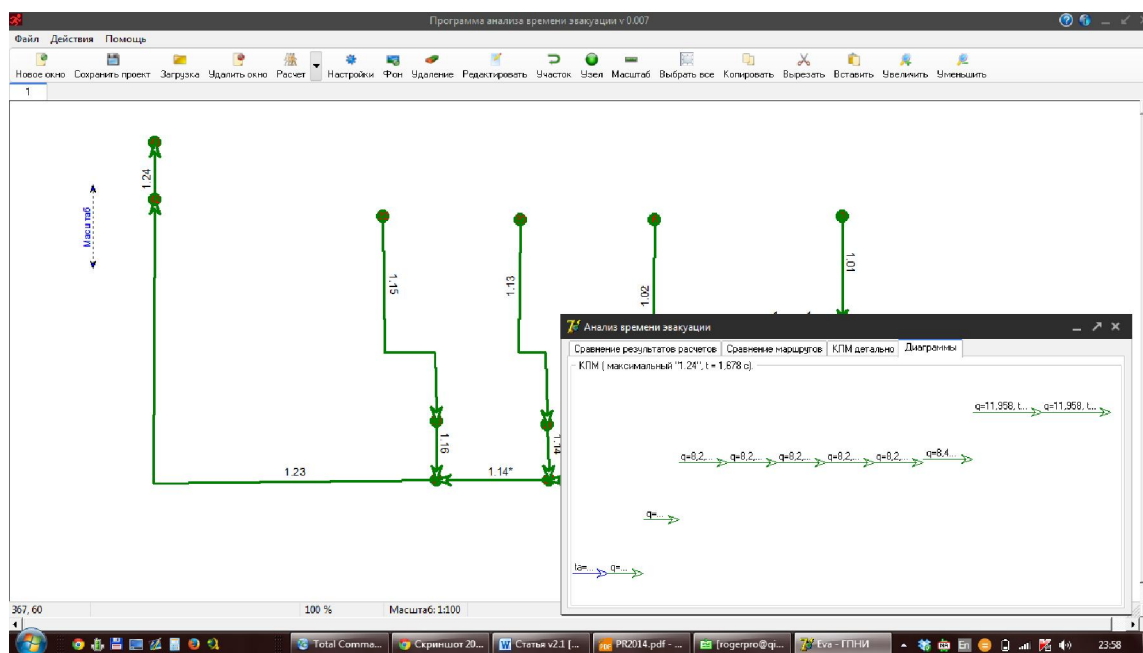


Рисунок 4 – Окно модуля анализа расчетных данных

Модуль подготовки отчетов позволяет проводить обработку выходных данных и представлять информацию в удобном для пользователя виде. Поддерживается вывод данных в формате MS Word.

Опыт предыдущих разработок показал, что программное обеспечение часто бесконтрольно тиражируется и на руках у пользователей могут оказаться версии с различными внесенными изменениями по мере изменения требований норм. Как следствие, результаты расчетов могут иметь значительные расхождения, что приводит к возникновению спорных ситуаций при признании обоснования обеспечения безопасности контролирующими органами. Кроме того, при изменении требований ТНПА, появлении результатов новых исследований и доработке алгоритмов расчета осуществить обновление всех копий программного средства будет затруднительно. Учитывая этот факт, с це-

лью контролируемого внедрения и сопровождения программного средства принято решение об использовании электронных ключей Guardant Sign. Это современный кроссплатформенный ключ с асимметричной криптографией, предназначенный для эффективной и надежной защиты локального программного обеспечения.

Разработанное программное средство в ходе опытной эксплуатации внедрено в нескольких профильных учебных и проектных организациях.

Перспективными направлениями дальнейшего развития являются максимальная интеграция программного средства с САПР, реализация возможности учета разделения потоков, вынос расчетной части на веб-сервер, анализ большого числа проектов с целью обоснования применения тех или иных методик в практической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-2.02-279-2013 «Здания и сооружения. Эвакуация людей при пожаре. Строительные нормы проектирования»

2. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.92. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с.

3. Разработать комплекс программных средств для решения пожарно-технических задач: отчет о НИР (заключ.) / Команд.-инженер. ин-т МЧС Респ. Беларусь; И.И. Полевода, А.Г.Иваницкий, А.С. Миканович, В.А.Осяев, Д.А.Полоз, А.С. Дмитриченко, Г.И. Касперов, С.А. Лодята, А.В. Предкель – Минск, 2007. – 890 с. – № ГР 20065142.

4. Разработка программного обеспечения для расчета путей эвакуации людей по упрощенным методикам технического кодекса установившейся практики ТКП П 45-2.06-160 «Здания и сооружения. Правила расчета путей эвакуации»: отчет о НИР (заключ.) / Команд.-инженер. ин-т ; рук. С. Л. Соболевский. – Минск, 2010. – 155 с. – № ГР 20101581.

5. *Дмитриченко, А.С.* Учет задержек движения потока при определении расчетного времени эвакуации людей / А.С. Дмитриченко, И.И. По-

левода, С.Л. Соболевский // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2007. – № 2. – С. 79–86.

6. *Дмитриченко, А.С.* Определение расчетных зависимостей между параметрами смешанных людских потоков в помещениях с массовым пребыванием людей зального типа / А.С. Дмитриченко, И.И. Полевода, Д.А. Полоз // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2008. – № 1. – С. 42–49.

7. *Полевода, И.И.* Оптимизация стандартной методики определения расчетного времени эвакуации людей / И.И. Полевода, А.С. Дмитриченко, С.Л. Соболевский // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2008. – № 2. – С. 80–82.

8. *Дмитриченко, А.С.* Дифференцированная методика определения расчетного времени вынужденной эвакуации людей из помещений с массовым пребыванием людей / А.С. Дмитриченко, С.Л. Соболевский, Д.А. Полоз // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2007. – № 2. – С. 107–121.



УДК 536.46+614.841.123.24

**канд. техн. наук, доц. Дмитриченко А.С., Рафальский В.Н.*,
канд. техн. наук, доц. Пастухов С.М.**, канд. техн. наук Иванов Ю.С.***,
канд. физ.-мат. наук, доц. Деменчук А.К.****,
канд. физ.-мат. наук, доц. Красовский С.Г.****,
д-р физ.-мат. наук, доц. Макаров Е.К.******

**Табличная методика оценки необходимого времени эвакуации
с этажа высотного здания**

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск

**Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

***ГУО «Командно-инженерный институт»*

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

****Учреждение «Научно-исследовательский институт*

пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

*****Институт математики НАН Беларуси, г. Минск*

Приведено обоснование табличной методики расчета необходимого времени эвакуации людей с этажа высотного здания, основанной на интегральной математической модели пожара в помещении и позволяющей учитывать наличие в помещении открытых проемов (в том числе нескольких). Доказано применение полученной методики в случае пожара на этаже высотного здания, оборудованного системой противодымной вентиляции.

Ключевые слова: противодымная вентиляция, пожар, эвакуация, дымоудаление.

**Ph.D. (Tech.), Assoc. prof. A.S. Dmitrichenko, V.N. Rafalsky*,
Ph.D. (Tech.), Assoc. prof. S.M. Pastukhov**, Ph.D. (Tech.) Y.S. Ivanov***,
Ph.D. (Phys. and Maths), Assoc. prof, A.K. Demenchuk****,
Ph.D. (Phys. and Maths), Assoc. prof. S.G. Krasovsky ****,
Dr. (Phys. and Maths), Assoc. prof. E.K. Makarov******

**Tabular method of the time required evacuation estimation from the
high-rise building floor**

The Belarusian State Technological University, Minsk

**The Ministry for Emergency Situations of Republic of Belarus, Minsk*

***The State Educational Establishment «Command and Engineering Institute»*

of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

****The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies»*

of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

*****Institute of Mathematics of NAS of Belarus, Minsk*

Justification of tabular method of calculation the time required to evacuate people from the floor of a high-rise building, based on the integrated mathematical model of fire in the space and taking account of the presence in the open apertures room (including some of them) is given. The application of these methods in the case of fire on the high-rise building floor with a system for smoke ventilation is proved.

Keywords: antismoke ventilation, fire, evacuation, smoke removal.

Методика оценки необходимого времени эвакуации, приведенная в ГОСТ 12.1.004-91 [1], основана на интегральной математической модели пожара в помещении (далее – ИМПП) [2, 3].

В настоящее время, несмотря на значительный прогресс в совершенствовании зонных и полевых моделей пожара, ИМПП наиболее широко применяется для прогнозирования динамики опасных факторов пожара (далее – ОФП) в помещении. Важнейшим достоинством данной модели является возможность при сравнительно небольших затратах времени и вычислительных ресурсов получать достаточно надежные и достоверные оценки величины ОФП на начальной стадии пожара для большинства типичных случаев его возникновения.

На практике проведение таких расчетов базируется на сокращенной системе уравнений ИМПП, допускающей интегрирование в явном виде, что позволило разработчикам [1] сформулировать соответствующую упрощенную методику, применимость которой, однако, ограничивается помещениями с проемностью не более 5 [2, 3].

В отличие от сокращенной, полная система уравнений ИМПП учитывает как наличие в помещении открытых проемов, так и функционирование аварийной системы противодымной вентиляции (далее – ПДВ),

но ее интегрирование в явном виде с получением аналитического вида решений невозможно. В работах [4, 5] на основе использования специальных преобразований этой системы [6] и численного решения получающейся редуцированной системы уравнений в безразмерной форме предложена простая табличная методика расчета критической продолжительности пожара. Эта методика позволяет учитывать наличие в помещении открытых проемов (в том числе нескольких). Она пригодна для проведения экспертных оценок и не требует сложных математических расчетов.

Целью настоящей работы является обоснование данной методики, поскольку в работах [4, 5] ее связь с основными положениями ИМПП подробно не раскрывалась, а также ее распространение на случай пожара на этаже высотного здания, оборудованного системой ПДВ.

Теоретическое обоснование табличной методики для

помещения с открытыми проемами

Согласно [2, 3] среднеобъемные значения температуры, концентрации кислорода и токсических компонентов продуктов горения, а также оптической плотности дыма в помещении, охваченном пожаром, определяются в результате решения следующей системы уравнений ИМПП:

уравнение материального баланса пожара

$$V \frac{d}{dt} \rho = G_B - G_T; \quad (1)$$

уравнение баланса массы кислорода

$$V \frac{d}{dt} \rho_1 = x_{O_1} G_B - \frac{\rho_1}{\rho} G_T - \psi L_1 \eta; \quad (2)$$

уравнение баланса токсичного продукта горения

$$V \frac{d}{dt} \rho_2 = \psi L_2 \eta - \frac{\rho_2}{\rho} G_T; \quad (3)$$

уравнение баланса оптического количества дыма

$$V \frac{d}{dt} \mu = D \psi - \frac{\mu}{\rho} G_T; \quad (4)$$

уравнение энергии пожара

$$\psi \eta Q (1 - \phi) + C_p T_0 G_B - C_p T_0 \frac{\rho_0}{\rho} G_T = 0, \quad (5)$$

где V – свободный объем помещения, м³;

t – время, прошедшее после начала пожара, с;

ρ – среднеобъемная плотность газовой среды в помещении, кг/м³;

G_B – общий расход воздуха, поступающего в помещение из окружающей атмосферы, кг/с;

G_T – общий расход газов, покидающих помещение через проемы, кг/с;

x_{O_1} – массовая доля кислорода в поступающем воздухе;

ρ_1 – среднеобъемная парциальная плотность кислорода, кг/м³;

ψ – скорость выгорания горючего материала, кг/с;

L_1 – стехиометрический коэффициент для кислорода (количество кислорода, расходуемое при сгорании единицы массы горючего материала), кг/кг;

η – коэффициент полноты сгорания;

ρ_2 – среднеобъемная парциальная плотность токсичного продукта горения, кг/м³;

L_2 – стехиометрический коэффициент для продукта горения (количество продукта горения, образующееся при сгорании единицы массы горючего материала), кг/кг;

μ – среднеобъемная оптическая концентрация дыма, Нп/м³;

D – дымообразующая способность горючего материала, Нп/кг;

Q – теплота сгорания горючего материала, Дж/кг;

ϕ – коэффициент теплопотерь;

C_p – изобарная теплоемкость газовой среды в помещении, Дж/кг·К;

T_0 – температура поступающего в помещение наружного воздуха, К;

T – среднеобъемная температура газовой среды в помещении, К;

ρ_0 – плотность поступающего в помещение наружного воздуха, кг/м³.

При записи уравнений (1)–(5) учтены обычные упрощающие предположения, применяемые при использовании ИМПП и состоящие в принятии постоянства среднеобъемного давле-

ния внутри помещения, охваченного пожаром, и пренебрежении вкладом массы продуктов горения в общий баланс массы.

Первоначально будем считать, что в помещении имеется один открытый проем прямоугольной формы, а распространение пожара является круговым. В этом случае

$$\psi = \pi \psi_{уд} v_l^2 t^2,$$

$$G_B = \frac{2}{3} b \sqrt{2g\rho_0(\rho_0 - \rho_m)} y^{3/2},$$

$$G_T = \frac{2}{3} b \sqrt{2g\rho_m(\rho_0 - \rho_m)} (H - y)^{3/2},$$

где $\psi_{уд}$ – удельная скорость выгорания горючих материалов, кг/с·м²;

v_l – линейная скорость распространения пламени по поверхности пожарной нагрузки, м/с;

b – ширина проема, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – высота проема, м;

y – высота плоскости равных давлений [2Ф, с. 33], отсчитываемая вверх от нижнего среза проема, м.

При сделанных нами предположениях уравнение (5) представляет собой алгебраическое уравнение, предназначенное для определения величины y , а остальные уравнения являются дифференциальными и должны решаться при начальных условиях

$$\begin{aligned} \rho_m(0) &= \rho_0, & \rho_1(0) &= x_{01}\rho_0, \\ \rho_2(0) &= 0, & \mu_m(0) &= 0. \end{aligned}$$

Для удобства дальнейших вычислений введем вспомогательные величины

$$a = \frac{\eta Q(1-\varphi)}{C_p T_0}, \quad m = \pi \psi_{уд} v_l^2.$$

Следуя работе [6], произведем в уравнениях (1)–(5) следующую последовательность преобразований.

1. С помощью уравнения (5) исключим из уравнений (1)–(4) величину G_T .

2. Во всех уравнениях (1)–(5) сделаем замену времени по формуле $t = \tau_0 \tau$, где τ – новая независимая переменная, $\tau_0 = \left(\frac{\rho_0 V}{am} \right)^{1/3}$ – временной масштаб.

3. Во всех уравнениях (1)–(5) вместо переменной ρ введем переменную r по формуле $r = \rho / \rho_0$.

4. Во всех уравнениях (1)–(5) вместо переменной y введем переменную ξ по формуле $\xi = y / H$.

5. В уравнении (2) введем новую неизвестную функцию u по формуле

$$u = \frac{x_{01} - \rho_1 / \rho_0}{x_{01} + \eta L_1 / a}.$$

6. В уравнении (3) введем новую неизвестную функцию u по формуле $u = \rho_2 / \rho_{2п}$, где $\rho_{2п} = \rho_0 \eta L_2 / a$.

7. В уравнении (4) введем новую неизвестную функцию u по формуле $u = \mu / \mu_{п}$, где $\mu_{п} = \rho_0 D / a$.

В результате выполнения указанных преобразований получим два

дифференциальных уравнения относительно неизвестных функций r и u :

$$\frac{dr}{d\tau} = -\tau^2 r + \frac{2\sqrt{2}}{3} \Pi_0 (1-r)^{3/2} \xi^{3/2}, \quad (6)$$

$$\frac{du}{d\tau} = \tau^2 (1-u) - \frac{2\sqrt{2}}{3} \Pi_0 u (1-r)^{1/2} \xi^{3/2}, \quad (7)$$

$$\tau^2 + \frac{2\sqrt{2}}{3} \Pi_0 (1-r)^{1/2} (\xi^{3/2} - r^{-1/2} (1-\xi)^{3/2}) = 0, \quad (8)$$

с начальными условиями $r(0) = 1$, $u(0) = 0$. При этом величина ξ определяется из алгебраического уравнения, которое получается из уравнения (5). Все величины, входящие в уравнения (6)–(8), являются безразмерными. Число

$$\Pi_0 = \frac{bH\sqrt{gH}}{V} \tau_0,$$

возникающее в уравнениях (6)–(8), согласно [4] называется фактором проемности. Для случая нескольких проемов фактор проемности определяется суммированием

$$\Pi_0 = \sum_{i=1}^n \Pi_i,$$

где Π_i – фактор проемности i -го проема. Строгое математическое обоснование этой формулы приведено в работе [7].

Полученная сокращенная система уравнений (6)–(8) допускает дальнейшее упрощение, поскольку функция $u = 1 - r$, где r – решение уравне-

ния (6) с начальным условием $r(0) = 1$, является решением уравнения (7) с начальным условием $u(0) = 1 - r(0) = 0$. Это означает, что уравнение (7) можно исключить из рассмотрения.

Таким образом, значения температуры и плотности газовой среды в помещении, концентрации кислорода и токсических компонентов продуктов горения, а также оптической плотности дыма в каждый момент времени $t = \tau_0 \tau$ в рамках рассматриваемой модели будут определяться следующими формулами:

$$T = T_0 / r(\tau), \quad \rho = \rho_0 r(\tau),$$

$$\rho_1 = \rho_0 (x_{01} - (1 - r(\tau))(x_{01} + \eta L_1 / a)), \quad (9)$$

$$\rho_2 = \rho_{2п} (1 - r(\tau)), \quad \mu = \mu_{п} (1 - r(\tau)),$$

где $r(\tau)$ – решение уравнения (6) с начальным условием $r(0) = 1$. При этом временной масштаб τ_0 вычисляется в виде

$$\tau_0 = \left(\frac{\rho_0 V}{am} \right)^{1/3} = \left(\frac{\rho_0 C_p T_0 V}{\pi \psi_{\gamma d} v_l^2 \eta Q (1 - \phi)} \right)^{1/3} = K_0 \sqrt[3]{V}, \quad (10)$$

$$\text{где } K_0 = \left(\frac{\rho_0 C_p T_0}{\pi \psi_{y\partial} v_l^2 \eta Q (1 - \varphi)} \right)^{1/3} -$$

коэффициент специфики пожарной нагрузки, с/м.

Коэффициент K_0 зависит только от характеристик пожарной нагрузки помещения. Согласно [4] он определяется либо по специальной таблице (таблица 1 в [4]), содержащей заранее вычисленные при стандартных условиях

$$\begin{aligned} T_0 = 308 \text{ К}, \quad \rho_0 = 1,14 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}, \\ \eta = 0,97, \quad \varphi = 0,25 \end{aligned} \quad (11)$$

значения K_0 для типовых комбинаций пожарной нагрузки, либо, в общем случае, по формуле (10).

Пусть $T^{\text{пр}}$, $\rho_1^{\text{пр}}$, $\rho_2^{\text{пр}}$, $\mu^{\text{пр}}$ – предельно допустимые значения температуры, парциальной плотности кислорода, парциальной плотности токсичного продукта горения и оптической плотности дыма. Согласно [1, 3] их достижение на высоте рабочей зоны h в помещении высоты H_0 соответствует наличию в помещении следующих критических среднеобъемных значений интенсивности ОФП:

по температуре

$$T^{\text{кр}} = T_0 + (T^{\text{пр}} - T_0)/Z,$$

по парциальной плотности кислорода

$$\rho_1^{\text{кр}} = x_{01}\rho_0 + (\rho_1^{\text{пр}} - x_{01}\rho_0)/Z,$$

по парциальной плотности токсичного продукта горения

$$\rho_2^{\text{кр}} = \rho_2^{\text{пр}} / Z,$$

по оптической плотности дыма

$$\mu^{\text{кр}} = \mu^{\text{пр}} / Z,$$

$$\text{где } Z = \frac{h}{H_0} \exp\left(1,4 \frac{h}{H_0}\right).$$

Каждое из этих критических значений в силу формул (9) соответствует некоторому значению решения r , принимаемому в тот момент τ , когда данный ОФП достигает своего критического уровня. Эти значения и соответствующие им моменты безразмерного времени определяются следующими формулами:

по температуре

$$r(\tau_T) = (1 + (T^{\text{пр}} - T_0)/ZT_0)^{-1};$$

по парциальной плотности кислорода

$$r(\tau_1) = 1 - \frac{x_{01} - \rho_1^{\text{пр}}/\rho_0}{Z(x_{01} + \eta L_1/a)} = 1 - \frac{K_{O_2}}{Z},$$

где K_{O_2} – коэффициент изменения концентрации кислорода;

по парциальной плотности токсичного продукта горения

$$r(\tau_2) = 1 - \frac{\rho_2^{\text{пр}}}{Z\rho_{2\text{п}}} = 1 - \frac{K_{\text{тг}}}{Z},$$

где $\rho_{2п} = \rho_0 \eta L_2 / a$, $K_{тг}$ – коэффициент изменения концентрации токсичного продукта горения. Если при горении вещества (материала) выделяются несколько токсичных продуктов горения, то расчет коэффициента $K_{тг}$ проводится для каждого из них;

по оптической плотности дыма

$$r(\tau_{\mu}) = 1 - \frac{\mu^{np}}{Z \mu_{п}} = 1 - \frac{K_{пв}}{Z},$$

где $\mu_{п} = \rho_0 D / a$, $K_{пв}$ – коэффициент изменения концентрации дыма.

Максимальное из значений $r(\tau_T)$, $r(\tau_1)$, $r(\tau_2)$, $r(\tau_{\mu})$ достигается при наименьшем τ , которое, таким образом, определяет критическую продолжительность пожара по формуле

$$r(t^{kp} / \tau_0) = \max \{r(\tau_T), r(\tau_1), r(\tau_2), r(\tau_{\mu})\}. \quad (12)$$

Так как функция r не может быть найдена в аналитическом виде, для решения уравнения (12) в [4, 5] ее значения находились численно, а значения ξ решений уравнения (12), т. е. моментов безразмерного времени τ , в которые, в зависимости от фактора проемности Π , величина r достигает заданного уровня – табулировались. Соответствующие таблицы (таблица 1 и таблица 2) для значений Π от 0 до 50 с шагом 5 и значений уровня r от 1 до 0,5 приведены в работе [5]. В [4] для входа в таблицу 1 использовалась величина $\Theta_1 = 1/r(\tau)$, более удобная при учете температуры, а для входа в таблицу 2 – величина $\Theta_2 = 1/r(\tau)$, в остальном эти таблицы совпадают,

в связи с чем в [5] предложено оставить лишь одну из них. При этом формулы для величин $r(\tau_1)$, $r(\tau_2)$, $r(\tau_{\mu})$ также могут быть объединены в одну:

$$r(\tau_*) = 1 - \frac{K_1}{Z},$$

в которой коэффициент специфики пожарной нагрузки K_1 определяется по формуле

$$K_1 = \min \{K_{пв}; K_{o_2}; K_{тг}\},$$

а обобщенная величина τ_* – по формуле

$$\tau_* = \min \{\tau_1, \tau_2, \tau_{\mu}\}.$$

Из полученных выражений при подстановке числовых значений предельно допустимых значений ОФП, физических констант и параметров стандартных условий окружающей среды получаются все конкретные формулы методики, предложенной в [4, 5].

Адаптация методики для высотных зданий

Методика оценки необходимого времени эвакуации при пожаре в высотном здании должна учитывать следующие особенности [9]:

- Типичным местом возникновения очага пожара является помещение, смежное с поэтажным коридором.
- Высотные здания оборудуются аварийной системой противодымной вентиляции, которая может

оказывать воздействие на параметры процесса эвакуации.

- Суммарная площадь открытых проемов на этаже относительно невелика, но фактор проемности может принимать значения, большие 5.

- Необходимое время эвакуации людей, находящихся на этаже очага пожара, определяется из условия достижения одним из ОФП в поэтажном коридоре своего предельно допустимого значения.

- Время эвакуации людей из здания лимитируется пределом огнестойкости строительных конструкций здания, в частности, внутренних стен лестничной клетки.

Все указанные обстоятельства не препятствуют переносу вышеизложенного подхода и основанной на нем методики оценки необходимого

времени эвакуации на случай высотного здания. Действительно, в [8] показано, что функционирование системы ПДВ в области типичных значений ее производительности не оказывает существенного (в сравнении с точностью, обеспечиваемой ИМПП) влияния на среднеобъемные величины ОФП, а также на их распределение по высоте.

Способы учета при расчетах по предлагаемой методике возникновения очага пожара в помещении, смежном с поэтажным коридором, предложены в [4]. Для учета малой проемности открытых проемов на этаже можно использовать таблицу, которая является уточненным вариантом таблиц из [4, 5].

Таблица – Значение коэффициента ξ при малых проемностях

Θ	Фактор проемности Π_0										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,01	0,311	0,311	0,311	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	0,313	0,313	0,313
0,02	0,393	0,393	0,393	0,394	0,394	0,394	0,395	0,395	0,396	0,396	0,397
0,03	0,450	0,450	0,451	0,451	0,452	0,453	0,454	0,454	0,455	0,456	0,457
0,04	0,497	0,497	0,497	0,498	0,499	0,500	0,501	0,502	0,503	0,504	0,505
0,05	0,536	0,536	0,537	0,538	0,539	0,540	0,542	0,543	0,544	0,546	0,547
0,06	0,570	0,570	0,571	0,573	0,574	0,576	0,578	0,579	0,581	0,583	0,584
0,07	0,602	0,602	0,602	0,604	0,606	0,608	0,610	0,612	0,614	0,616	0,618
0,08	0,630	0,630	0,631	0,633	0,635	0,638	0,640	0,642	0,645	0,647	0,650
0,09	0,656	0,656	0,658	0,660	0,662	0,665	0,668	0,671	0,674	0,677	0,679
0,10	0,681	0,681	0,682	0,685	0,688	0,691	0,694	0,697	0,701	0,704	0,707
0,20	0,875	0,875	0,877	0,883	0,890	0,898	0,906	0,914	0,923	0,931	0,941
0,30	1,023	1,023	1,025	1,036	1,049	1,063	1,078	1,093	1,109	1,126	1,143
0,40	1,153	1,153	1,156	1,173	1,193	1,216	1,240	1,266	1,293	1,321	1,351
0,50	1,276	1,276	1,280	1,305	1,337	1,372	1,410	1,450	1,494	1,539	1,586
0,60	1,401	1,401	1,407	1,444	1,491	1,546	1,606	1,670	1,738	1,807	1,878
0,70	1,534	1,534	1,544	1,602	1,677	1,765	1,861	1,962	2,065	2,167	2,266
0,80	1,690	1,690	1,711	1,812	1,946	2,100	2,257	2,411	2,559	2,700	2,835
0,90	1,904	1,904	1,981	2,233	2,519	2,789	3,038	3,269	3,486	3,691	3,885

ЛИТЕРАТУРА

1. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.92. – Москва: Комитет по стандартизации СССР: Издательство стандартов, 1992. – 78 с.

2. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю.А. Кошмаров. – М., 2000.

3. Кошмаров, Ю.А. Процессы нарастания опасных факторов пожара в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара / Ю.А. Кошмаров, В.В. Рубцов. – М., 1999.

4. Экспертная оценка необходимого времени эвакуации людей / И.И. Полевода [и др.] // Вестник Командно-инженерного ин-та МЧС Республики Беларусь. – 2008. – № 2(8). – С. 83-86.

5. Совершенствование методики оценки необходимого времени эвакуации / В.Н. Рафальский [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2012. – № 2(32). – С. 126-132.

6. Экспресс-метод оценки опасных факторов пожара в помещении на основе интегральной модели / А.К. Деменчук [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2011. – Т.55, № 2. – С. 99-104.

7. Макаров, Е.К. Теорема сравнения проемов в интегральной теории пожара / Е.К. Макаров // Дифференц. уравнения. – Т.48, № 102012. С.1384-1394.

8. Оценка влияния системы противодымной вентиляции на динамику опасных факторов пожара в высотных зданиях на основе интегральной модели / А.С. Дмитриченко [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2013. – № 2 (34). – С.129-139.

9. Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий : Рекомендация АВОК Р НП «АВОК» 5.5.1-2010. – Введ. 24.09.10. – Москва : НП «АВОК», 2010. – 48 с.



УДК 614.841

**канд. физ.-мат. наук Кицак А.И., Лущик А.П., Есипович Д.Л.,
Кавальчук И.В.***

**Совершенствование механизма обнаружения возгорания
современных точечных оптических дымовых извещателей**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск
Закрытое акционерное общество «Запспецсервис», г. Минск

Предложена оптическая схема дымового пожарного извещателя на основе лазерного источника излучения, позволяющая реализовать наряду с традиционным для точечных дымовых извещателей способом обнаружения пожара (по уровню интенсивности излучения, рассеянного частицами дыма) способ, применяемый в линейных дымовых извещателях. Мониторинг состояния среды по двум независимым каналам повышает чувствительность извещателя и надежность обнаружения пожара. Найдены условия, обеспечивающие высокую чувствительность «линейного» канала обнаружения дыма при малой оптической базе. Проведены модельные эксперименты по обнаружению дыма макетом разработанной оптической схемы дымового извещателя.

Ключевые слова: линейный дымовой извещатель, лазерный источник, дым, чувствительность, фокусировка излучения.

**Ph.D. (Phys. and Maths) A.I. Kitsak, A.P. Luschik, D.L. Esipovich,
I.V. Kavalchuk***

**Improvement of fire detection mechanism of modern point optical
smoke detectors**

*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies»
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk
Private Company «Zapspectechservice», Minsk*

The optical scheme of the smoke fire detector based on the laser source which permit to realize along with the traditional fire detection method for point smoke fire detectors (after intensity level of emission scattered by particles of smoke) a method using in the linear smoke detectors is offered. Monitoring of the environment state by two independent channels increase a sensitivity of the detector and fire detection reliability. The conditions which provide high sensitivity of «linear» channel of smoke detection with low optical base have been found. Model experiments on smoke detection by the model of the developed optical scheme of the smoke announcer are made.

Keywords: linear smoke detector, laser source, smoke, sensitivity, radiation focusing.

Введение

В настоящее время оптические дымовые извещатели остаются одними из наиболее эффективных средств обнаружения пожара на ранней стадии его возникновения. К извещателям данного типа относятся точечные и линейные дымовые извещатели. Обнаружение возгорания данными извещателями осуществляется по эффектам рассеяния и поглощения частицами дыма излучением, проходящим через контролируемое пространство.

Основным механизмом обнаружения возгорания точечными дымовыми извещателями является контроль интенсивности излучения, рассеянного частицами дыма. В линейных извещателях – контроль одновременно интенсивности рассеянного и поглощаемого частицами дыма излучения. При этом процедура контроля точечными дымовыми извещателями заключается в оценке уровня роста интенсивности рассеянного частицами дыма излучения, а в линейных дымовых извещателях – в определении величины ослабления (вследствие рассеяния и поглощения) интенсивности прямопроходящего через дым излучения. Критерием обнаружения пожара точечными дымовыми извещателями является превышение интенсивности рассеянного излучения некоторого порогового значения. Линейными извещателями факт возгорания квалифицируется как пожар при уменьшении интенсивности прямопрошедшего через дым излучения на заданную величину.

Известно, что дымы различной природы (различного характера происхождения) отличаются составом частиц продуктов горения, их концентрацией, размерами и температурой [1]. Соответственно они также отличаются оптическими свойствами, определяемыми данными частицами, такими как эффективность рассеяния, поглощения, а также индикатрисой рассеяния. Например, так называемые «светлые» дымы (продукты тления хлопка, древесины) характеризуются высоким коэффициентом рассеяния и малым коэффициентом поглощения, а дымы, образующиеся при открытом горении пластика, изоляции кабеля и легко воспламеняющих жидкостей («черные» дымы), наоборот имеют высокий коэффициент поглощения и низкий коэффициент рассеяния.

Из изложенного следует, что точечные оптические дымовые извещатели, в основе работы которых лежит реакция на излучение, рассеянное частицами дыма, более чувствительны к «светлым» дымам, нежели к «черным». Низкая чувствительность точечных дымовых извещателей к «черным» дымам может приводить к несвоевременному обнаружению возгораний [2]. Поскольку данные извещатели наиболее часто применяются для защиты жилых помещений, потеря драгоценного времени может стоить потери человеческих жизней и больших материальных ценностей.

В то же время линейные дымовые извещатели, которые обнаруживают появление дыма по интегральному ослаблению излучения в результате как рассеяния, так и поглощения

его частицами дыма, имеют более однородную чувствительность к различным дымам. Однако, несмотря на более надежный алгоритм обнаружения пожара, линейные дымовые извещатели рекомендуется применять в основном для защиты помещений с высокими потолками и большой площади. Возможно, данная область применения линейных извещателей определена исходя из того, что, во-первых, чувствительность их улучшается с увеличением протяженности защищаемой зоны и, во-вторых, экономией средств вследствие возможности замены одним линейным извещателем нескольких точечных извещателей. Тем не менее, учитывая бесспорный факт более надежной работы линейных дымовых извещателей по сравнению с точечными дымовыми извещателями, отказ от использования их для защиты жилых помещений нельзя объяснить только одной экономической нецелесообразностью. Очевидно, основной причиной отказа от применения линейных извещателей для защиты от пожара помещений небольшой площади является техническая трудность достижения при традиционно используемой элементной базе высокой чувствительности извещателя при малой протяженности защищаемого пространства. Под традиционной элементной базой понимается, прежде всего, применяемый в линейных извещателях светодиодный источник излучения. Достаточно большая расходимость излучения такого источника не позволяет при малом оптическом пути эффективно отделить излучение, рассеянное части-

цами дыма на малые углы, от нерассеянного излучения. Поэтому большая часть излучения, рассеянного частицами дыма на малые углы, регистрируется приемником извещателя и снижает его чувствительность. В связи с этим многие производители ограничивают область эффективного действия линейных извещателей по оптическому пути защищаемого пространства пределами от 8 до 100 м. Однако минимальный промежуток эффективно защищаемого пространства может быть существенно снижен применением в качестве источника излучения извещателя полупроводникового лазера. Излучение такого источника обладает высокой направленностью и, следовательно, имеет очень узкий угловой спектр. Данное обстоятельство позволяет надежно отделить на малых расстояниях излучение источника от излучения, рассеянного частицами дыма, используя технику пространственной фильтрации.

В связи с вышеизложенным представляется целесообразным совершенствование эффективности работы современных оптических дымовых извещателей на основе применения новых типов излучателей и техники оптической обработки информации.

Целью работы является разработка макета двухканального лазерного оптического дымового извещателя, использующего для обнаружения пожара одновременно принципы детектирования дыма классического точечного и линейного дымовых извещателей.

Применение такого извещателя должно повысить эффективность и надежность обнаружения пожара.

Повышения чувствительности линейного оптического дымового извещателя

Покажем принципиальную возможность повышения чувствительности линейного дымового извещателя при заданной его оптической базе (расстоянии между источником и приемником излучения). Чувствительность линейного дымового извещателя определяется значением наименьшей оптической плотности аэрозоля дыма, при которой извещателем выдается из шумов сигнал об обнаружении дыма. Чем меньше это значение, тем выше чувствительность извещателя. Оптическая плотность неоднородной среды (например, дыма) определяется степенью уменьшения интенсивности параллельного монохроматического пучка излучения, прошедшего через заданный отрезок оптического пути в среде. Уменьшение интенсивности излучения происходит вследствие поглощения и рассеяния части излучения частицами дыма. Для светового пучка с длиной волны вдали от резонансной частоты поглощения неоднородной среды данный процесс описывается законом Бугера-Ламберта [3]. Математически он выражается соотношением

$$I = I_0 \exp(-kl), \quad (1)$$

где I – интенсивность прошедшего через неоднородную среду излучения;

I_0 – интенсивность падающего на среду излучения;

k – показатель ослабления излучения;

l – протяженность оптического пути светового пучка в неоднородной среде.

Показатель ослабления излучения складывается из концентрационных коэффициентов поглощения и рассеяния излучения, т. е.

$$k = k_{\text{погл.}} + k_{\text{расс.}} \quad (2)$$

Здесь $k_{\text{погл.}} = C_{\text{погл.}} \sigma_{\text{погл.}}$,
 $k_{\text{расс.}} = C_{\text{расс.}} \sigma_{\text{расс.}}$.

где $C_{\text{погл.}}$ и $C_{\text{расс.}}$ – концентрации поглощающих и рассеивающих частиц дыма соответственно;

$\sigma_{\text{погл.}}$ и $\sigma_{\text{расс.}}$ – сечения поглощения и рассеяния частиц дыма соответственно (эффективность поглощения или рассеяния излучения частицей дыма).

Из соотношения (1) следует, что доля ослабления интенсивности излучения $\Delta I = I_0 - I$, прошедшего через неоднородную среду, равна

$$\Delta I = I_0 (1 - \exp(-kl)), \quad (3)$$

т. е. она тем больше, чем больше: интенсивность излучения, падающего на неоднородную среду I_0 , длина слоя среды l и коэффициент ослабления среды k , т.е. коэффициент поглощения и коэффициент рассеяния из-

лучения. Именно величина ΔI определяет уровень порогового сигнала (чувствительность извещателя), при котором происходит активация извещателя. Анализ выражения (3) показывает, что при фиксированном значении l и заданном пороге срабатывания извещатель может обнаружить меньшую концентрацию дыма (меньшее значение k) в результате повышения интенсивности зондирующего пучка I_0 . Таким образом, управляя интенсивностью излучения источника извещателя, можно менять чувствительность извещателя при фиксированном значении длины его базы. При этом должен обеспечиваться линейный режим работы приемника излучения извещателя.

Оценим соотношение интенсивностей излучений источников двух извещателей с различными значениями длин их баз (различными протяженностями контролируемых зон), при котором должна обеспечиваться одинаковая чувствительность извещателей. Считая, что интенсивности излучений, регистрируемые приемниками извещателей, подчинятся выражению (1), а показатель ослабления излучения дымовой среды однороден и одинаков для обоих извещателей, используя выражение (3), составим равенство

$$I_1(1 - \exp(-kl_1)) = I_2(1 - \exp(-kl_2)), \quad (4)$$

где I_1 , l_1 и I_2 , l_2 – интенсивность и длина защищаемой зоны первого и второго извещателей соответственно. Для плотности дыма, при котором

$kl_1, kl_2 \ll 1$, выражение (4) преобразуется к виду

$$\frac{I_1}{I_2} \cong \frac{l_2}{l_1}. \quad (5)$$

Из соотношения (5) следует приближенно, что для обеспечения одинаковой чувствительности извещателей при различных длинах защищаемых зон интенсивности их излучателей должны соотноситься обратно пропорционально длинам защищаемых зон. Т.е., чем меньше длина защищаемой зоны линейного извещателя, тем больше должна быть интенсивность излучения его источника для того, чтобы обеспечить такой же уровень активации извещателя, как и при большей длине защищаемой зоны. Поскольку интенсивность излучения представляет собой мощность светового поля, переносимую через единичную площадку, перпендикулярную к направлению распространения поля, можно сказать, что чем меньше защищаемая зона линейного извещателя, тем больше должна быть плотность мощности излучения его источника, чтобы можно было обнаруживать малые концентрации частиц дыма.

В современных линейных дымовых извещателях используются в основном светодиодные источники излучения. Данные источники обладают высокой расходимостью и не позволяют получать больших плотностей мощности излучения, а также проводить эффективную фильтрацию излучения, рассеянного частицами дыма на малые углы, при малых базах из-

вещателя. В отличие от светодиодов, лазерные источники излучения вследствие их высокой когерентности могут обеспечить высокую плотность мощности излучения, например, фокусировкой его на площадку с поперечными размерами, равными нескольким десяткам микрометров или менее. Кроме того, вследствие высокого углового разрешения компонентов углового спектра рассеянного из-

лучения представляется возможным проводить эффективную фильтрацию излучения, рассеянного на малые углы.

Оптическая схема двухканального лазерного дымового извещателя

На рисунке 1 изображена предложенная оптическая схема лазерного дымового извещателя [4].

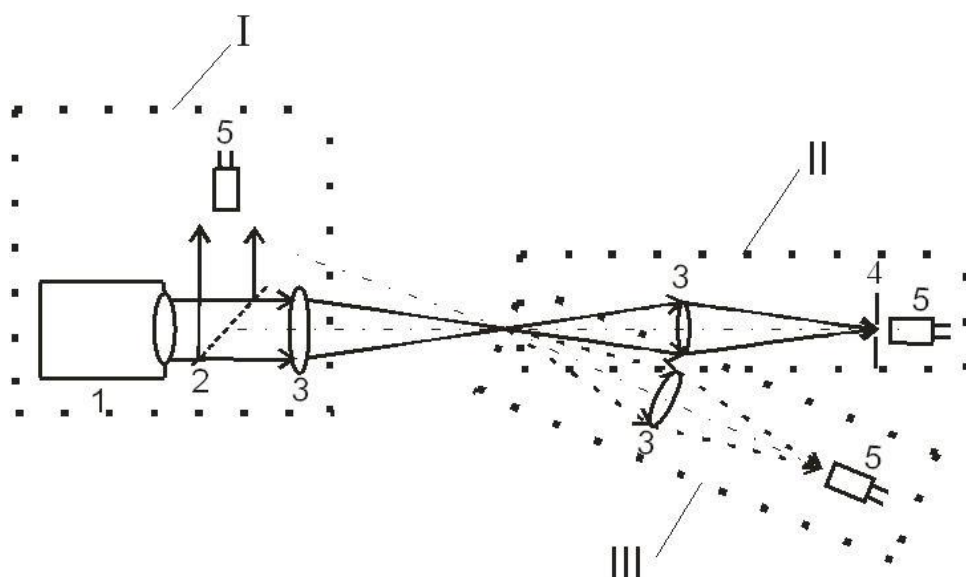


Рисунок 1 – Оптическая схема лазерного дымового извещателя:

I – модуль источника излучения; II – модуль регистрации прямопроходящего излучения; III – модуль регистрации рассеянного излучения

Схема включает модуль источника и два модуля регистрации излучения. Модуль источника состоит из лазера 1, генерирующего излучение с малой угловой расходимостью, прозрачной пластинки 2, отражающей часть излучения на опорный приемник 5, самого опорного приемника 5 и линзы 3, фокусирующей излучение лазера в объем дымовой камеры. Модули регистрации излучения включают собирающие линзы 3, формирующие изображения пятна фокусировки

излучения с увеличением, равным 1, в плоскостях вблизи светочувствительных площадок сигнальных приемников 5, диафрагму 4 в канале регистрации прямопроходящего через дым излучения.

Модуль источника совместно с модулем регистрации прямопроходящего излучения составляют собственно оптическую схему линейного дымового извещателя. Модуль источника совместно с модулем регистрации рассеянного излучения форми-

руют оптическую схему традиционного точечного дымового извещателя. Таким образом, применение лазерного источника излучения позволяет создать комбинированный оптический дымовой извещатель, состоящий из двух извещателей различного типа действия в одном корпусе. Особенностью оптической схемы такого извещателя является фокусировка излучения источника в ограниченный объем дымовой камеры.

Фокусировка излучения позволяет: 1) повысить плотность мощности излучения и тем самым увеличить чувствительность линейного извещателя при его малой базе; 2) ограничить контролируемый объем пространства до размеров, фактически совпадающих с размерами фокальной перетяжки излучения. Данное обстоятельство позволяет снизить вероятность появления ложных тревог, обусловленных воздействием частиц пыли. Действительно, поскольку поперечные размеры частиц пыли сопоставимы с поперечными размерами фокального пятна, пересекая его, они производят кратковременные случайные выбросы в регистрируемом сигнале. Применяя специальный алгоритм обработки сигналов, можно отсеивать данные выбросы.

Принцип работы двухканального лазерного дымового извещателя

Принцип работы извещателя состоит в следующем. Излучение полупроводникового лазера 1 направляется на прозрачную пластинку 2 и положительную линзу 3 модуля источника излучения. Часть излучения, от-

раженная пластинкой, регистрируется опорным приемником 5, контролирующим мощность исходного излучения лазера. Излучение, прошедшее через пластинку 2, попадает на линзу 3, которая формирует пятно фокусировки в объеме дымовой камеры. Линза 3 модуля регистрации прямопроходящего излучения формирует изображение данного пятна в плоскости диафрагмы 4 в масштабе $\sim 1:1$. Диаметр отверстия диафрагмы подбирается, примерно, равным диаметру пятна фокусировки в отсутствие дыма. Диафрагма позиционируется относительно положения пятна фокусировки таким образом, чтобы через ее отверстие проходило не менее 85 % интенсивности излучения лазера. Прошедшее через отверстие диафрагмы излучение регистрируется расположенным сразу же за ней приемником 5. В отсутствие дыма излучение лазерного источника попадает только на опорный приемник 5 и сигнальный приемник 5 блока регистрации прямопроходящего излучения. По сигналам, формируемым данными приемниками, осуществляются контроль интенсивности излучения лазерного источника и корректировка чувствительности приемной схемы электронного блока канала регистрации прямопроходящего излучения. При появлении дыма часть излучения источника рассеивается частицами дыма в сторону линз 3 модулей регистрации излучения. Причем большая интенсивность рассеянного излучения поступает из области пятна фокусировки, где плотность мощности излучения повышенная. Линзы формиру-

ют в плоскостях светочувствительных площадок сигнальных приемников 5 изображения пятна фокусировки в рассеянных лучах. При этом на сигнальный приемник, расположенный на оси источника излучения, падает в основном прямопроходящее через дым излучение. Диафрагма 4 с диаметром отверстия меньше диаметра пятна фокусировки в рассеянных лучах блокирует практически весь рассеянный свет. В то же время приемник 5 модуля регистрации рассеянного излучения регистрирует только рассеянное частицами дыма излучение. На выходе его появляется сигнал, который растет с увеличением плотности дыма. Одновременно с ростом интенсивности рассеянного излучения уменьшается интенсивность нерассеянного излучения вследствие поглощения и рассеяния части излучения частицами дыма. При достижении определенного соотношения уровней сигналов на выходе сигнальных приемников 5 формируется сигнал «Пожар».

Для исследования функциональных характеристик предложенной конструкции двухканального дымового извещателя был собран его макет. Модуль источника излучения макета состоял из полупроводникового лазера МЛ126-0660-ЛД7 с драйвером стабилизации и модуляции мощности излучения и собирающей линзы. Лазер генерировал излучение с длиной волны $\lambda = 660$ нм и расходимостью $\sim 0,3$ мрад. Средняя мощность излучения составляла ~ 3 мВт. Собирающая линза имела апертуру, равную 16 мм, и фокусное расстояние $f = 26$ мм.

Излучение лазера фокусировалось данной линзой в пятно размером ~ 200 мкм. Модуль регистрации прямопроходящего излучения включал собирающую линзу с апертурой ~ 14 мм и фокусным расстоянием $f = 13$ мм, диафрагму с отверстием диаметром ~ 200 мкм и приемник излучения ФД 265А. Напряжение питания фотоприемника равнялось 4 В. Площадь его светочувствительной площадки составляла ~ 3 мм². Максимум спектральной чувствительности приходился на 800 нм. Фотоприемник включался в цепь усилителя фототока. Модуль приемника рассеянного излучения состоял из собирающей линзы с апертурой ~ 20 мм и фокусным расстоянием $f = 13$ мм, диафрагмы с отверстием диаметром ~ 2 мм и приемника излучения ФД 263-01. Ось модуля регистрации рассеянного излучения составляла $\sim 30^\circ$ с осью модуля источника излучения. Напряжение питания фотоприемника равнялось 4 В. Площадь его светочувствительной площадки составляла ~ 10 мм². Максимум спектральной чувствительности ~ 800 нм. Приемник излучения подключался к входу усилителя напряжения. Макет включал также модуль цифровой обработки и индикации сигналов. Он был собран на основе 8-битного микроконтроллера PIC16F876A и жидкокристаллического индикатора SC0802A с двумя 8-разрядными регистрами данных и команд. Микроконтроллер использовался для модуляции интенсивности лазерного излучения, оцифровки сигналов с фотоприемников регистрации прямопроходящего и рассеян-

ного частицами дыма излучения, выполнения математических операций над данными сигналами, запоминания их и вывода на жидкокристаллический индикатор результатов измерений. Данные измерений выражались в единицах оптической плотности среды либо в электрических единицах, пропорциональных мощности регистрируемых излучений.

Результаты экспериментов

Основной исследуемой характеристикой макета извещателя являлась его пороговая чувствительность. Под пороговой чувствительностью точечного оптического дымового извещателя обычно понимают минимальное значение удельной плотности дыма, вызывающее изменение регистрируемого сигнала извещателя на величину, превышающую среднее значение собственных шумов усилительного тракта извещателя. Пороговая чувствительность двухканального оптического дымового извещателя, очевидно, должна определяется наименьшим значением удельной оптической плотности дыма, вызывающим стабильное превышение регистрируемых сигналов в обоих каналах извещателя над их собственными шумами.

Определение чувствительности макета лазерного оптического дымового извещателя осуществлялось в дымовом испытательном канале с поперечными размерами $500 \times 500 \text{ мм}^2$. Оптическая плотность дыма в канале контролировалась блоком контроля задымленности. Диапазон откалиброванных значений изме-

ряемой удельной оптической плотности среды в канале составляет $0,02-0,7 \text{ дБ/м}$. Скорость воздушного потока внутри канала может изменяться в диапазоне от $0,2$ до 1 м/с . Для образования дыма чаще всего используются древесные опилки либо хлопчатобумажный фитиль. Перед определением пороговой чувствительности извещателя дымовой канал проветривался принудительной вентиляцией в течение 30 мин . Скорость потока воздуха в канале устанавливалась равной $(0,2 \pm 0,04) \text{ м/с}$. Температура воздуха в канале поддерживалась на уровне $(27 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$. Для определения чувствительности макета извещателя он помещался внутрь камеры. Осуществлялась его калибровка. Она заключалась в запоминании в регистре памяти микроконтроллера средних значений сигналов на выходе усилителей каналов извещателя в отсутствие дыма. При этом измеряемые значения сигналов для канала регистрации прямопроходящего излучения визуализировались на экране жидкокристаллического индикатора в единицах дБ, а для канала регистрации рассеянного излучения – в единицах напряжения, В. Затем в дымовом канале формировалось задымление с применением древесных опилок. Степень задымления оценивалась одновременно по показаниям измерителя удельной оптической плотности дыма дымового канала и значениям сигналов, отображаемых на экране жидкокристаллического индикатора макета извещателя. Наименьшее среднее значение удельной оптической плотности дыма в ис-

пытательном канале, при котором зафиксировано стабильное отклонение значений сигналов, измеряемых в обоих каналах макета извещателя, от их средних значений, зарегистрированных при калибровке в отсутствие дыма, равнялось 0,11 дБ/м. При этом оптическая плотность дыма, измеренная в канале регистрации прямопроходящего излучения макета извещателя, составила 0,01 дБ. Соответствующая удельная оптическая плотность дыма, регистрируемая извещателем, равнялась 0,25 дБ/м (длина оптического пути канала регистрации прямопроходящего излучения макета извещателя ~4 см). Разницу в измеренных величинах удельных оптических плотностей дыма можно объяснить пространственной неоднородностью концентрации частиц дыма по сечению дымового канала. Полученное невысокое значение чувствительности макета извещателя, очевидно, связано с малой мощностью излучения используемого лазера (примерно на порядок меньшей мощности излучения традиционно используемых в точечных оптических дымовых извещателях светодиодных источников).

Заключение

Показана принципиальная возможность перехода в точечных оптических дымовых извещателях на более эффективный «линейный» прин-

цип обнаружения возгорания. Предложена конструкция извещателя, обеспечивающая повышенную надежность обнаружения возгорания благодаря наличию двух каналов контроля состояния среды. Разработана оптическая схема извещателя, позволяющая сформировать эффективный алгоритм обработки регистрируемых сигналов для улучшения помехоустойчивости извещателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Неплохов, И.Г.* Развитие дымовых пожарных извещателей / И.Г. Неплохов // Грани безопасности. – № 5. – 2008. – С. 23–25.
2. *Неплохов, И.Г.* Линейные дымовые пожарные извещатели / И.Г. Неплохов // Грани безопасности. – № 33. – 2006. – С. 42–46.
3. *Ландсберг, Г.С.* Оптика / Г.С. Ландсберг. – 5-е изд. – Москва, 1976. – 670 с.
4. *Кицак А.И., Луцник А.П., Есипович Д.Л., Гамезо А.М.* Извещатель пожарный оптический дымовой / Патент Республики Беларусь на полезную модель № 9045.



УДК 681.7

**Сизиков А.С., д-р физ.-мат. наук, проф. Беляев Б.И.*,
канд. физ.-мат. наук Беляев Ю.В. ****

**Возможности авиационной системы контроля
чрезвычайных ситуаций «АВИС» для измерения
контролируемых параметров природных
и техногенных чрезвычайных ситуаций**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск
*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных
физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ, Минск
**Белорусский государственный университет, г. Минск*

Рассматривается назначение, состав и основные характеристики созданного в Республики Беларусь нового образца авиационной спектрально-зональной системы «АВИС» высокого пространственного и спектрального разрешения с автоматическим адаптивным управлением. Приводятся возможности данной системы для измерения и контроля параметров природных и техногенных чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, дистанционное зондирование, авиационная система контроля чрезвычайных ситуаций.

**A.S. Sizikov, Dr. (Physics and Mathematics), prof. B.I. Belyaev*,
Ph.D. (Physics and Mathematics) Y.V. Belyaev****

**Opportunities aviation control system emergencies «AVIS»
for measuring controlled parameters of natural
and man-made emergencies**

*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies»
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk
*The Research Institution «Institute of Applied
Physical Problems named after AN Sevchenko» BSU, Minsk
**The Belarusian State University, Minsk*

In this article are considered the general device, structure, the main characteristics and the software that have been created in The Republic of Belarus of the new sample of aviation spectra-zonal system «AVIS» of high spatial and spectral resolution with automatic adaptive control, and some results of the carried-out flight tests are given.

Keywords: emergency, remote sensing, aircraft control system emergencies.

Введение

В рамках реализации ГНТП «Космические системы и технологии» Национальной программы исследования и использования космического пространства в мирных целях специалистами НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ совместно с Министерством лесного хозяйства и Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь создана авиационная спектрональная система «АВИС» высокого пространственного и спектрального разрешения с автоматическим адаптивным управлением как составная часть системы многоуровневого авиакосмического мониторинга территорий Республики Беларусь. Был организован и успешно проведен комплекс летных испытаний экспериментального образца (ЭО) «АВИС» на борту самолета АН-2 Витебского филиала ГП «Беллесавиа» МЧС Республики Беларусь. [1-3].

Назначение и состав «АВИС»

Основным назначением «АВИС» является регистрация спектрональных и тепловых изображений земной поверхности.

В разрезе деятельности МЧС Республики Беларусь разработанная система «АВИС» позволяет:

- обеспечивать оперативное построение картосхем тепловых полей лесных и торфяных пожаров в условиях сильной задымленности;
- определять масштабы утечек из нефте- и продуктопроводов, оценивать их последствия;
- строить картосхемы затопленных территорий и повреждений от ураганов;
- строить профили тепловых полей продуктопроводов, тепловых трасс жилых районов и промышленных объектов;
- оценивать повреждения, нанесенные сельскохозяйственным культурам природными факторами (заморозки, засуха, подтопление и др.).

В состав системы входят блок оптических датчиков (БОД), рабочая станция (РС) и комплект визуального позиционирования (КВП).

Основным назначением БОД (рисунок 1) является сбор информации в видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах длин волн.

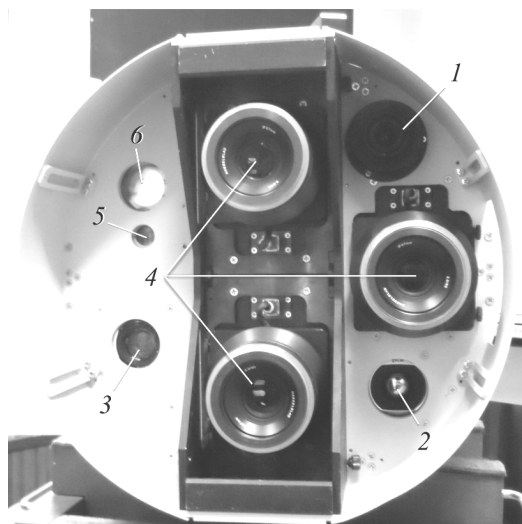


Рисунок 1 – Блок оптических датчиков «АВИС»:

1 – объектив МОКО; 2 – объектив МИК; 3 – объектив МС; 4 – три объектива камер МСВ; 5 – объектив излучателя МЛВ; 6 – объектив приемника МЛВ

Блок включает в себя пять модулей:

модуль спектрозонального видеонаблюдения (МСВ);

модуль спектрорадиометра (МС);

модуль инфракрасной камеры (МИК);

модуль лазерного высотомера (МЛВ);

модуль обзорной камеры оператора (МОКО).

Технические характеристики средств измерений и вспомогательных устройств, входящих в состав «АВИС»

Основные технические характеристики авиационной спектрозональной системы «АВИС», а также средств измерений и устройств, входящие в ее состав приведены в таблицах 1 - 7.

Таблица 1 – Тактико-технические характеристики

Наименования технических показателей АВИС	Значение показателей	Единица измерения
1. Высота съемки	500–3000	м
2. Пространственное разрешение кадра	5–30	см
3. Число элементов в полосе панхроматической съемки	18 000 (плановая съемка)	пиксель
4. Размер спектрозонального изображения	6665 × 4990	пиксель
5. Поле обзора с высоты 1 км	1800 × 500 (плановая съемка)	м
6. Число спектральных каналов	12	шт
7. Наличие спектрорадиометра	0,4–0,9	мкм
8. Наличие ИК-канала	7,5–13	мкм

Таблица 2 – Характеристики цифровой матрицы DALSA EK5066M

Размер светочувствительной области	35,9 мм × 48 мм
Динамический диапазон	>70 дБ в области линейности
Число элементов изображения	33,3 Мпикс
Разрешение	4992 × 6668 пикселей
Размер пикселя	7,2 × 7,2 мкм
Максимальная частота кадров	2,7 кадров/с
Общая скорость передачи данных	100 МГц (4 × 25 МГц)
Чувствительность	3600 мВ/лк·с
Диапазон рабочих температур	– 20 °С to + 60 °С

Таблица 3 – Характеристики контролера DALSA's Evaluation Kit для матрицы DALSA EK 5066M

Интерфейс передачи данных	CameraLink
Питание	6 В постоянного тока
Размер (Д × Ш × В)	150 × 65 × 100 мм
Масса	0,5 кг

Таблица 4 – Технические характеристики спектро радиометра МС-14

Спектральный диапазон	400–900 нм
Спектральное разрешение	2 нм
Приемник излучения	ПЗС линейка
Число рабочих элементов приемника	3640
Шаг дискретизации спектра	0,2 нм
Полихроматор со сферической голограммной дифракционной решеткой	315 штр./мм
Энергопотребление	0,5 Вт
Питание	от USB

Таблица 5 – Характеристики ИК-камеры FLIR A615

Фокусное расстояние объектива	24,5 мм
Пространственное разрешение	0,69 мрад
Относительная апертура объектива	1,0
Поле зрения / минимальное фокусное расстояние	25° × 18,8° / 0,4 м
Частота кадров	50 Гц (100/200 Гц при наличии управления окнами)
Температурная чувствительность / NETD	< 0,05 °С при +30 °С / 50 мК
Фокусировка	Автоматическая или ручная (встроенный привод)
Матрица в фокальной плоскости (FPA) / спектральный диапазон	Неохлаждаемый микроболومتر / 7,5–13 мкм
ИК-разрешение	640 × 480 пиксел
Шаг датчика	17 мкм
Постоянная времени датчика	стандартная 8 мс

Продолжение таблицы 5

Интервал измерения температур объекта	от -20 до +150 °С, от 0 до +650 °С, от +300 до +2000 °С
Точность	±2 °С или ±2 % от показания
USB, потоковая передача изображений	16-разрядные 640 × 480 пиксел при частоте 25 Гц
Цифровое устройство ввода	2 оптически изолированных, 10–30 В пост. тока
Цифровое устройство вывода, назначение	Выходной сигнал на внешнее устройство (программное задание)
Источники питания	12/24 В пост. тока, макс. абсолютная мощность 24 Вт
Внешний источник питания, тип соединения	Зажимные контакты, возможна установка 2-контактного штекера
Напряжение	Допустимый диапазон: 10–30 В пост. тока
Интервал рабочих температур	От -15 °С до +50 °С
Интервал температуры хранения	От -40 °С до +70 °С
Влажность (работа и хранение)	IEC 60068-2-30/24 ч 95 % отн. влажность от +25 °С до +40 °С
Герметичность	IP 40 (IEC 60529)
Устойчивость к ударным нагрузкам	25 g (IEC 60068-2-29)
Устойчивость к вибрации	2 g (IEC 60068-2-6)
Масса	0,7 кг
Размер камеры (Д × Ш × В)	170 × 70 × 70 мм
Материал корпуса	Алюминий

Таблица 6 – Технические характеристики лазерного дальномера «Зенит-ЛД»

Режим работы	импульсный
Длина волны излучения лазерного дальномера	(905 ± 10) нм
Энергия импульса лазерного излучения, не более	2 мкДж
Частота генерации импульсов	1 кГц
Расходимость лазерного излучения	2 мрад
Абсолютная погрешность измерения дистанции	± 2 м
Диапазон измеряемых расстояний (для диффузно-отражающей цели с коэффициентом отражения ≥ 0,4 и угловым размером 2 × 2 мрад, МДВ10 км)	от 30 до 2500 м
Количество одновременно регистрируемых целей	2
Время измерения дистанции, не более	1 с
Крепежные отверстия	M4 × 6H
Масса, не более	1,2 кг
Габаритные размеры	150 × 120 × 70 мм
Напряжение	6 В ± 5 %
Пульсации напряжения, не более	50 мВ
Ток потребления, не более	0,7А
Защита оболочек (корпуса)	IP57
Диапазон рабочих температур	от - 35 до + 55 °С
Интерфейс	RS-232

Таблица 7 – Технические характеристики IP камеры - YUC-H696

Количество точек матрицы	2 Мп
Максимальное разрешение видео	1600 × 1200 пиксел
фокус объектива	3,5 ÷ 8 мм
Интерфейсы	POE (IEEE 802.3af), RS-485
Напряжение питания	12 В постоянного тока

**Возможности «АВИС»
для измерения
и контролируемых параметров
природных и техногенных
чрезвычайных ситуаций**

В соответствии с [4] авиационная спектрозональная система «АВИС» позволяет выполнять измерения ряда контролируемых параметров природных и техногенных чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС). При этом получение результатов измерений осуществляется путем проведения фото-видеосъемки в различных областях спектра и ее последующей графической обработки. В зависимости от вида ЧС и контролируемых параметров используются различные конфигурации БОД АВИС для повышения качества измерений и точности результатов:

конфигурация – «Спектрозональная съемка высокого разрешения» (ССВР). Съемочные камеры

МСВ устанавливаются в положение, при котором их центры проекций располагаются на одной оси вдоль вектора продольного перемещения. Камеры срабатывают так, чтобы центры спектрозональных снимков камер совпадали. Объективы МСВ HASSELBLAD HC 2,8/80 $f = 82,3$ мм; мгновенное поле зрения не хуже 10 см с высоты 1000 м;

конфигурация – «стереосъемка» (СС). Камеры МСВ устанавливаются вдоль вектора продольного перемещения носителя под углом 30° . Данная конфигурация использования АВИС обеспечивает получение стереоскопического изображения высокого качества.

Параметры природных и техногенных ЧС, контролируемые с использованием авиационной спектрозональной системы «АВИС», представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры ЧС, контролируемые с использованием «АВИС»

№п/п	Чрезвычайная ситуация	Параметр	Конфигурация БОД АВИС
Природные ЧС			
Геофизические опасные явления			
1.	Землетрясения	Координаты и размеры зоны ЧС	
2.	Извержение вулканов	Координаты зоны ЧС. Размеры, направление и скорость движения потоков лавы. Высота, размеры и направление движения выбросов вулканической деятельности.	ССВР
Геологические опасные явления			
3.	Оползни	Координаты, размеры, направление и скорость перемещения оползней	ССВР
4.	Сели	Координаты, размеры, направление и скорость перемещения селевого потока	ССВР
5.	Обвалы (провалы)	Координаты и размеры зоны обвалов (провалов)	СС
6.	Лавины	Координаты, размеры, направление и скорость движения лавин	ССВР
Метеорологические опасные явления			
7.	Тайфуны	Координаты и размеры зоны ЧС	СС
8.	Смерчи	Координаты зоны ЧС.	СС
9.	Пыльные и песчаные бури, снежные бураны	Координаты и размеры зоны ЧС.	
10.	Цунами	Координаты и площадь разрушений. Направление и скорость перемещения волн. Глубина проникновения приливной волны	ССВР
Гидрологические опасные явления			
11.	Наводнения и затопления, подъем воды	Координаты зоны ЧС. Площадь водной поверхности. Площадь затопления	ССВР
Природные пожары			
12.	Природные пожары	Координаты зоны ЧС. Размер дымового шлейфа, площадь огневой зоны, температура, площадь гарей. Направление и скорость распространения зоны горения	ССВР
Техногенные ЧС			
13.	Аварии и крушения на железных дорогах	Координаты разрушений транспортных магистралей. Площадь загрязнений от транспортируемых грузов	ССВР
14.	Аварии и катастрофы морского и речного транспорта	Координаты зоны бедствия. Площадь и направление движения загрязнений	ССВР
15.	Аварии и катастрофы на авиационном транспорте	Координаты района катастрофы, характер разрушений (пожаров), площадь загрязнений	ССВР

Продолжение таблицы 8

Техногенные ЧС			
16.	Аварии на дорогах	Координаты зоны ЧС. Характер и площадь разрушений. Площадь загрязнений от транспортируемых грузов	ССВР
17.	Аварии на трубопроводах и промыслах	Координаты и площадь ЧС. Характер, размеры и площадь разливов нефти и других загрязняющих почву продуктов	ССВР
18.	Пожары на промышленных предприятиях, транспорте, шахтах и жилых зданиях	Координаты и площадь дымового шлейфа, огневой зоны.	ССВР
19.	Аварии на химически опасных объектах	Координаты и площадь зоны ЧС. Направление, температура и скорость движения дымового и (или) газового шлейфа.	ССВР
20.	Аварии на радиационно-опасных объектах	Координаты и площадь зоны ЧС.	ССВР
21.	Разрушения зданий и промышленных объектов	Координаты зоны ЧС. Площадь, характер и степень разрушений	ССВР
22.	Аварии на электроэнергетических системах	Координаты зоны ЧС. Площадь зоны разрушений. Размеры дымовых шлейфов и наличие тепловых аномалий	ССВР
23.	Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	Координаты зоны ЧС.	СС
24.	Гидродинамические аварии	Координаты зоны ЧС. Площадь затопления	ССВР

Заключение

Для дальнейшего использования «АВИС» при дистанционном мониторинге зон ЧС представляется целесообразным решение нескольких научно-прикладных задач [5]:

разработка методик определения параметров ЧС с помощью дистанционной оптической диагностики;

определение спектральных зон дистанционного оптического мониторинга ЧС;

разработка методик калибровки тепловизоров на метрологическом

комплексе «Каменя» и их адаптация к оптическим дистанционным измерениям;

разработка методик натуральных измерений с помощью приборов дистанционной оптической диагностики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляев, Б.И.* Создание авиационной спектральной системы «АВИС» для аэрокосмического мониторинга территорий / Беляев Б.И. [и др.] // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и фи-

зики конденсированного состояния: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летию НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ, 28 февраля 2011 г. / НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ; ред. кол.: В.И. Попечиц [и др.]. – Минск 2011. С. 13-14.

2. *Беляев Б.И., Сосенко В.А., Чумаков А.В., Беляев Ю.В.* Сизиков А.С. Авиационная спектрозональная система «АВИС» для дистанционного мониторинга чрезвычайных ситуаций / Б.И. Беляев и др. // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность и аварийно-спасательное дело: состояние, проблемы и перспективы». – Киев, 2013. – С. 348-351.

3. *Беляев Б.И., Сосенко В.А., Чумаков А.В., Беляев Ю.В.* Сизиков А.С. Авиационная система «АВИС» как средство дистанционного мониторинга ЧС / Беляев Б.И. [и др.] // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: настоящее и бу-

дущее: сборник статей III Междунар. конф., в рамках форума «Безопасность и связь» 27-28.02.2014 – Казань 2014. С. 40-50.

4. СТБ 1404-2003 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг аэрокосмический. Номенклатура контролируемых параметров чрезвычайных ситуаций».

5. *Сизиков А.С., Беляев Ю.В.* Использование авиационной спектрозональной системы «АВИС» для дистанционного мониторинга ЧС // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 22-23 мая 2014 г. / М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, Гомел. инженер. ин-т ; редкол.: И.И. Суторьма (науч. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2014. – С. 266.



ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА И ВООРУЖЕНИЕ

УДК 629.5.067.8(476)

д-р техн. наук, проф. Здор Г.Н.,

Потеха А.В.*, канд. техн. наук Иванов Ю.С.**

Определение перспективных направлений совершенствования пожарных роботов с использованием метода генетических алгоритмов

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

**УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно*

***Учреждение «Научно-исследовательский институт*

пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

Генетические алгоритмы использованы для определения перспективных направлений развития систем пожарного робота. Дано определение и осуществлена трактовка основных технических терминов пожарной робототехники – аналогов базовых терминов генетических алгоритмов. На основе предложенной терминологии разработана методика матричного представления пожарного робота в параметрах двоичного кода. Последовательная реализация этапов генетического алгоритма позволила установить итерационный рост значений функции приспособленности, свидетельствующий о повышении инновационности конструкции пожарного робота. Средние значения фенотипов систем генерируемых популяций позволяют оценить динамику их развития и сделать выводы о перспективах использования при создании более совершенных конструкций пожарных роботов. Обосновывается попытка введения и даётся определение новому термину – «генотехника».

Ключевые слова: генетические алгоритмы, пожарные роботы, направления совершенствования, генотехника.

Dr. (Tech.), prof. G.N. Zdor

A.V. Potekha*, Ph.D. (Tech.) Y.S. Ivanov**

Upcoming trends identifying for fire-robots improvement using the method of genetic algorithms

Belarussian National Technical University, Minsk

**Grodno State Agrarian University, Grodno*

***The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

Genetic algorithms are used to identify advanced areas of fire-robot systems. Main technical fire robotics terms, that are equivalent to basic terms of genetic algorithms, are disclosed. New method based on matrix notation of fire-robot parameters in binary code is developed on the basis of the proposed terminology. Consistent implementation of the genetic

algorithm stages has allowed to establish an iterative growth of fitness function values, that indicates the innovation increase of fire-robots construction design. Average phenotypes values of generated populations allow to assess the dynamics of their development and to draw conclusions about the prospects of using it in creating improved fire-robots designs. An attempt to introduce and to define a new term «genotechnics» is made.

Keywords: genetic algorithms, fire robots, direction of improvement, genotekhnika.

Введение

Идея создания генетических алгоритмов (далее – ГА) принадлежит Дж. Холланду [1]. Практически сразу после своего создания ГА привлекли внимание практически ориентированных исследователей и представителей прикладной науки [2-5].

В настоящее время ГА используются для оптимизации архитектуры САПР, решения задач компоновки, размещения, трассировки и верификации элементов СБИС [2]. Применительно к техническим системам ГА применяются для выбора оптимальной траектории движения мобильных робототехнических средств [6]. Известны исследования, посвященные использованию ГА для синтеза новых конструкций электрических малых антенн для сферы телекоммуникаций. При этом в качестве критерия оптимизации используется геометрическая форма антенн и их элементов [7].

Насколько нам известно, какие-либо исследования, посвященные использованию ГА для совершенствования технических устройств и систем, не проводились. С нашей точки зрения, отсутствие работ по практическому использованию ГА для решения задач по конструкционному совершенствованию технических систем и их элементов связано с большой

сложностью и масштабируемостью решаемой задачи, а также недостаточно хорошо проработанной методической стороной вопроса.

Вместе с тем актуальность такого рода исследований, по нашему мнению, не вызывает сомнений. При этом проведение исследований по определению перспективных направлений совершенствования пожарных роботов целесообразно разделить на несколько этапов. В настоящей работе решается одна из возможных начальных задач – определение тенденций развития физических систем пожарного робота. В данном случае под физической системой подразумевается совокупность всех структурных элементов пожарного робота, принцип действия которых основан на конкретном физическом эффекте: механическом, оптическом и т. д.

Основы теории

Генетические алгоритмы представляют собой адаптивные методы поиска и основаны на генетических процессах биологических организмов: биологические популяции развиваются в течение нескольких поколений, подчиняясь законам естественного отбора и по принципу «выживает наиболее приспособленный», открытому Чарльзом Дарвином. Подражая этому процессу, ГА способны «развивать» решения реальных задач, если

те соответствующим образом закодированы. ГА отличаются от традиционных методов оптимизации несколькими базовыми элементами. В частности, генетические алгоритмы:

1. обрабатывают не значения параметров самой задачи, а их закодированную форму;

2. осуществляют поиск решения исходя не из единственной точки, а из их некоторой популяции;

3. используют только целевую функцию, а не ее производные либо иную дополнительную информацию;

4. применяют вероятностные, а не детерминированные правила выбора;

5. могут работать с многопараметрическими задачами;

6. позволяют осуществлять оптимизацию для сложных функциональных поверхностей с большим количеством экстремумов и др.

Генетические алгоритмы работают с совокупностью особей – популяцией, каждая из которых представляет возможное решение данной проблемы. Каждая особь оценивается мерой её «приспособленности» согласно тому, насколько «хорошо» соответствующее ей решение задачи (в природе это эквивалентно оценке того, насколько эффективен организм при конкуренции за ресурсы). Наиболее приспособленные особи получают возможность «воспроизводить» потомство с помощью «перекрёстного скрещивания» с другими особями популяции. Это приводит к появлению новых особей, которые сочетают в себе некоторые характеристики, на-

следуемые ими от родителей. Наименее приспособленные особи с меньшей вероятностью смогут воспроизвести потомков, так что те свойства, которыми они обладали, будут постепенно исчезать из популяции в процессе эволюции.

Так и воспроизводится вся новая популяция допустимых решений, выбирая лучших представителей предыдущего поколения, скрещивая их и получая множество новых особей. Это новое поколение содержит более высокое соотношение характеристик, которыми обладают хорошие члены предыдущего поколения. Таким образом, из поколения в поколение хорошие характеристики распространяются по всей популяции. Скрещивание наиболее приспособленных особей приводит к тому, что исследуются наиболее перспективные участки пространства поиска. В конечном итоге, популяция будет сходиться к оптимальному решению задачи [3-4].

Основной способ взаимодействия – кроссовер или скрещивание. При кроссовере ДНК предков делятся на части, а затем обмениваются своими частями.

При наследовании возможны мутации, в результате которых случайным образом могут изменяться некоторые гены в половых клетках одного из родителей. Изменённые гены передаются потомку и придают ему новые свойства. Если эти новые свойства полезны, они, скорее всего, сохранятся в данном виде. При этом может произойти скачкообразное повышение приспособленности вида.

В самом общем виде этапы ГА должны предусматривать следующую последовательность действий: задание целевой функции (приспособленности) для особей популяции; создание начальной популяции; вычисление значения целевой функции для всех особей; проверку условия завершения работы алгоритма; скрещивание (размножение) и мутацию хромосом; селекцию (формирование нового поколения). Завершается цикл выбором «наилучшей» хромосомы.

Алгоритм останавливается после обнаружения приемлемого решения или завершения набора заданного числа итераций.

В ГА сохраняется биологическая терминология в упрощённом виде, а также используются соответствующие этим терминам определения из технического лексикона и информатики: цепь, двоичная последовательность, структура. Последние необходимы для кодированного представления исходных хромосом и тех изменений, которые происходят в них в процессе кроссовера и мутации.

Также в ГА применяется ряд терминов, заимствованных из генетики, прежде всего гены и хромосомы, а также популяция, особь, аллель, генотип, фенотип, функция приспособленности, кроссовер, мутация.

Методика исследований

Методика исследований основывалась на классической структуре ГА, представленной в работах [3-5]. На всех этапах исследования для решения статистических задач по гене-

рации случайных чисел применяли программу Random Number Generator v.1.1. При расчёте значений фенотипов систем и функции приспособленности использовали средние значения по 10 хромосомам (структурным модулям пожарного робота). Каждый структурный модуль, в свою очередь, представлялся состоящим из конкретных систем пожарного робота (набора элементов двоичного кода).

Основная часть

Использование генетических алгоритмов для прогнозирования направлений развития (совершенствования) технических систем предполагает использование соответствующих терминов и определений. При этом важным является необходимость наиболее близкого структурно-функционального сходства между основными понятиями генетических алгоритмов и их техническими аналогами. Первая попытка определения терминологических соответствий между генетическими алгоритмами и их техническими аналогами была представлена нами в [8-9].

С учетом ранее проведенных исследований в области роботизированных систем пожаротушения определим возможные технические аналоги основных понятий генетических алгоритмов (таблица 1). Предлагается под популяцией понимать группу пожарных роботов, выполняющих одну боевую задачу, например, ликвидацию возгораний на каком-либо сложном конкретном объекте.

Таблица 1 – Основные термины генетических алгоритмов и их технические аналоги

Термины генетических алгоритмов	Технический аналог
Популяция	Группа пожарных роботов, выполняющих одну задачу
Особь	Пожарный робот
Хромосома	Структурный модуль пожарного робота
Последовательная группа генов (часть хромосомы)	Система пожарного робота
Ген	Элемент подсистемы пожарного робота
Генотип (или структура)	Структура системы пожарного робота
Фенотип	Декодированная структура пожарного робота – решение, точка пространства
Аллель	Значение элемента подсистемы пожарного робота
Локус (или позиция)	Позиция элемента в подсистеме пожарного робота
Поклоение	Инновационная конструкция пожарного робота
Функция приспособленности	Аналогично

Особь (пожарный робот) может быть изображена матрицей, каждая строка которой представляет собой некоторую хромосому (рисунок 1). В качестве такой хромосомы, например, может выступать структурный модуль пожаротушения пожарного робота [8-10].

При этом отдельные части хромосомы могут выполнять функции своих некоторых технических аналогов – систем, параметров или элементов робототехнических устройств.

Последовательная группа генов (часть хромосомы) может представлять отдельно взятую систему пожарного робота. Уникальные возможности ГА позволяют путём соответствующего кодирования хромосом осуществлять эволюционные преобразования не только систем, но и подсистем различного уровня иерархии, вплоть до отдельно взятых элементов пожарного робота. В последнем случае каждый элемент системы пожарного робота представляется геном

хромосомы с определённой позицией (локусом).

Остальные технические аналоги терминов генетических алгоритмов (генотип, фенотип, аллель, локус и поколение) не требуют дополнительных пояснений и представлены в таблице 1.

Рассмотрим практическое использование ГА для решения поставленной задачи – определения перспективных направлений совершенствования пожарных роботов.

Этап 1. Инициализация

Этап предназначен для формирования исходной популяции и заключается в случайном выборе заданного количества хромосом (структурных модулей пожарного робота). При этом каждый структурный модуль представляется двоичными последовательностями фиксированной длины, каждая из которых представляет физическую систему пожарного робота.

q	r	s	t
110	000	010	001
000	110	001	101
111	000	100	111
001	011	111	000

← Параметры, элементы
 ← Хромосомы

Рисунок 1 – Представление пожарного робота в параметрах двоичного кода

В качестве исследуемых объектов определяем следующие четыре системы пожарного робота: 1 – механическая; 2 – электромагнитная; 3 – оптическая; 4 – электронная.

На основании исторических данных о развитии физической науки и их связи с создаваемыми конструкциями машин и механизмов зададим системам значения (фенотипы), характеризующие степень их сложности (развитости или совершенства): механическая – от 0 до 7; электромагнитная – до 31; оптическая – до 63; электронная – до 127. Это позволяет определить длину хромосомы в 28 позиций, распределенных между четырьмя физическими системами.

Примем ограничения: физические системы при одинаковой общей длине хромосом развиваются (эволюционируют) в пределах генов, определяющих значения соответствующих фенотипов.

Для решения поставленной задачи необходимо найти целевую функцию

$$\max_{k_1, k_2, k_3, k_4} R = \int_0^T f(y_1, y_2, y_3, y_4, u) dt,$$

где $k_1 - k_4 \in [k_{\min}, k_{\max}]$ – параметры задачи, принадлежащие некоторому множеству, лежащему в определённом пространстве поиска от некоторого минимального значения до максимального. При этом k_{\min} – в двоичной кодовой последовательности состоит из одних нулей, а k_{\max} – в виде одних единиц;

u – входной сигнал в систему.

Длины кодовых последовательностей зависят от значений параметров и частоты дискретизации интервала $[k_{\min}, k_{\max}]$.

Этап 2. Оценка приспособленности хромосом в популяции

Предназначение этапа – рассчитать функцию приспособленности для каждой из хромосом в исходной (родительской) популяции. Чем больше значение функции приспособленности, тем выше «качество» хромосомы.

Для выбора вида функции приспособленности используем представления о жизненном цикле инно-

вационных изделий (этапах инновационного процесса) [11, с. 66]. В соответствии с представленными в этой работе данными эволюция продукта, может быть описана зависимостью, близкой к квадратичной. Используем в исследовании функцию приспособленности вида

$$y = -0,3x_1^2 + 3,5x_2 - 0,002x_3^2 + 0,07x_4.$$

Таблица 2 – Результаты расчета функции приспособленности для родительской популяции хромосом

1 система	Фенотип 1 системы	2 система	Фенотип 2 системы	3 система	Фенотип 3 системы	4 система	Фенотип 4 системы	Функция приспособленности
0000101	5	0011000	24	0011011	27	0010001	17	76,232
0000010	2	0001101	13	0001010	10	1011101	93	50,610
0000000	0	0011010	26	0111110	62	0110101	53	87,022
0000011	3	0000000	0	0100101	37	1101110	110	2,262
0000010	2	0011010	26	0110110	54	1001010	74	82,848
0000000	0	0000111	7	0000111	7	1100101	101	31,472
0000111	7	0010101	21	0101110	46	0110011	51	58,138
0000100	4	0001001	9	0101000	40	0100101	37	26,090
0000001	1	0000001	1	0011011	27	0100001	33	4,052
0000000	0	0010110	22	0010011	19	1100011	99	83,208
Средние значения	2,4		14,9		32,9		66,8	50,19

Этап 3. Проверка условия остановки алгоритма

Определение условия остановки генетического алгоритма зависит от его конкретного применения. В оптимизационных задачах остановка алгоритма может произойти после достижения ожидаемого оптимального значения, возможно – с заданной точностью или в случае, когда его выполнение не приводит к улучшению уже достигнутого значения. Алгоритм также может быть остановлен по истечении определённого времени выполнения либо после выполнения за-

данного количества итераций. Если условие остановки выполнено, то производится переход к завершающему этапу выбора «наилучшей» хромосомы. В противном случае на следующем шаге выполняется селекция.

Задаем условие для решения задачи – завершить остановку работы алгоритма после 9 итераций.

Этап 4. Селекция хромосом

Селекция заключается в выборе тех хромосом, которые будут участвовать в создании потомков для следующей популяции. При этом выбор

производится согласно принципу естественного отбора, согласно которому наибольшие шансы на участие в создании новых особей имеют хромосомы с наибольшими значениями функции приспособленности.

В практике получили распространение несколько методов селекции. Одним из наиболее распространенных методов селекции является метод рулетки. При этом каждой хромосоме может быть сопоставлен сектор колеса рулетки, величина которого устанавливается пропорциональной значению функции приспособленности данной хромосомы [3].

Каждой хромосоме, обозначаемой ps_i для $i = 1, 2, \dots, N$ (где N обозначает численность популяции), соответствует сектор круга $s(ps_i)$, выраженный в процентах согласно формуле

$$s(ps_i) = v_s(ps_i) \cdot 100\%,$$

где

$$v_s(ps_i) = \frac{F(ps_i)}{\sum_{i=1}^N F(ps_i)},$$

причем $F(ps_i)$ – значение функции приспособленности хромосомы ps_i , а $v_s(ps_i)$ – вероятность селекции хромосомы ps_i .

Очевидно, что чем больше сектор, тем больше вероятность «победы» соответствующей хромосомы.

В результате процесса селекции создается родительская популяция с численностью N , равной численности текущей популяции.

Несомненный интерес представляет оценка работы статистической составляющей алгоритма при определении количества «побед» хромосом, определяющих состав популяции потомков. Для этого по результатам 10 генераций случайных чисел определяли среднее количество «побед» хромосом (таблица 3).

Как следует из представленных в таблице 3 данных, наибольшее количество побед хромосом практически всегда соответствует максимальным значениям функции приспособленности. Это свидетельствует о корректной работе генетического алгоритма при решении поставленной задачи.

По результатам расчетов (1 генерация) при формировании следующей популяции (1-я популяция потомков) используются следующие хромосомы: хромосомы 1, 2 и 3 – по 2 особи; хромосомы 5, 6, 8 и 10 – по 1 особи.

Таблица 3 – Результаты расчета количества «побед» хромосом

Характеристика	Хромосомы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Функция приспособленности	76,23	50,61	87,02	2,26	82,85	31,47	58,14	26,09	4,05	83,21
2. Площадь сектора на круге, %	15,19	10,08	17,34	0,45	16,50	6,27	11,58	5,20	0,81	16,58
3. Количество «побед» хромосом 1 генерация	2	2	2	0	1	1	0	1	0	1

Продолжение таблицы 3

Характеристика	Хромосомы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 генерация	0	1	2	1	2	0	0	2	0	2
3 генерация	1	1	4	0	0	0	3	0	0	1
4 генерация	1	1	1	0	1	0	1	5	0	0
5 генерация	1	3	2	0	1	2	0	0	0	1
6 генерация	0	0	2	0	1	1	1	0	0	5
7 генерация	0	3	2	0	4	0	0	0	0	1
8 генерация	1	2	3	0	0	1	1	0	1	1
9 генерация	2	1	1	0	1	2	2	0	0	1
10 генерация	2	1	1	0	1	3	0	1	0	1
Сумма побед	10	15	20	1	12	10	8	9	1	14
Среднее количество побед по 10 поколениям	1,0	1,5	2,0	0,1	1,2	1,0	0,8	0,9	0,1	1,4

Хромосомы с порядковыми номерами 4, 7 и 9 в формировании следующей популяции не участвуют. Следует отметить, что полученные результаты (таблицы 3 и 4) демонстрируют не только, как уже отмечалось корректную работу ГА, но и показывают выполнение статистического принципа, заложенного в саму методологию метода. Так, при формировании следующей популяции предпочтение получили практически все хромосомы с наибольшими значениями функции приспособленности (1, 2, 3, 5 и 10). В то же время при формировании 1-го поколения потомков будут принимать участие хромосомы с достаточно низкими значениями функции приспособленности (6 и 8).

Этап 5. Применение генетических операторов

Применение генетических операторов к отобранным в результате селекции хромосомам приводит к формированию новой популяции потомков от созданной на предыдущем ша-

ге алгоритма родительской популяции.

В классическом генетическом алгоритме применяют два основных генетических оператора: оператор скрещивания (crossover) и оператор мутации (mutation).

Оператор скрещивания

На первом этапе скрещивания случайным образом выбираются пары хромосом из родительской популяции, сформированной на основе данных по 1-й генерации (таблица 3). Далее для каждой пары отобранных таким образом родителей разыгрывается позиция гена (локус) в хромосоме, определяющая так называемую точку скрещивания.

Предполагаем, что в парах родителей реализуется одноточечный кроссовер. Определение точки скрещивания осуществляется путём случайного выбора числа из интервала $[1, L - 1]$, где L – количество генов в хромосоме.

Результаты генерации пар хромосом: 1-2; 1-3; 2-8; 3-6; 5-10 с точ-

ками скрещивания соответственно: 15, 1, 4, 25 и 9.

Оператор мутации

В генетическом алгоритме мутация хромосом может выполняться на популяции родителей перед скрещиванием либо на популяции потомков, образованных в результате скрещивания.

Осуществляем мутацию на популяции потомков, полученной в ре-

зультате скрещивания. Допустим, что в каждой хромосоме мутирует один ген. Мутируемый ген (его позиция) определяется путем генерирования случайных чисел из интервала 1-28 (1. L) для каждой хромосомы.

В таблице 4 представлены хромосомы (структурные модули пожарного робота) после реализации операторов скрещивания и мутации.

Таблица 4 – Хромосомы новой популяции после кроссовера и мутации

Позиция мутируемого гена	Системы, хромосомы			
	1	2	3	4
20	0000101	0011000	0001000	1011101
18	0000010	0001101	0010011	0010001
11	0000101	0010000	0011110	0110101
5	0000100	0011010	0111011	0010001
6	0000110	0001001	0101000	0100101
26	0000010	0001101	0001010	1011001
9	0000000	0011010	0111110	0110101
2	0000010	0000111	0000111	1100101
12	0000010	0010010	0010011	1100011
28	0000000	0011010	0110110	1001011

Для новой популяции среднее значение функции приспособленности для популяции из 10 хромосом составляет 60,60.

Таким образом, значение функции приспособленности для первой популяции потомков по сравнению со значением, полученным для исходной родительской популяции, возросло на 20,74 % (было 50,19).

Аналогичным образом продолжаем исследование – осуществ-

ляем 9 итераций (родительская популяция и 8 потомков) с последующей остановкой алгоритма расчета; так, как это было определено на этапе 3 настоящего исследования.

В таблице 5 представлены результаты расчетов функции приспособленности родительской популяции (р) и популяций потомков (1п-8п).

Таблица 5 – Динамика изменения значений функции приспособленности по популяциям

Популяция, поколение	р	1п	2п	3п	4п	5п	6п	7п	8п
Функция приспособленности	50,19	60,60	60,45	68,74	70,28	71,02	74,54	67,53	78,93

Данные таблицы 5 показывают положительную динамику (рост) значений функций приспособленности по мере реализации итераций. Это свидетельствует о качественном улучшении целевой функции и, соответственно, конструкции создаваемого пожарного робота.

При планировании исследования предполагалось 10-кратное повторение генерации хромосом (структурных модулей) для последующего расчёта средних значений фенотипов систем по популяциям. Это позволило проследить динамику изменения фенотипов всех систем и оценить закономерности их эволюции (рисунок 2).

Приведенные на рисунке 2 данные показывают, что значения фенотипов механической системы пожарного робота (ряд 1) имеют тенденцию к снижению своих абсолютных значений (от 2,4...2,8 до 2,0). Это может свидетельствовать об уменьшении количества такого рода систем в устройстве пожарного робота по мере совершенствования его конструкции. Такая тенденция имеет свое технико-экономическое объяснение: механические системы, как наиболее затратные с энергетической точки зрения (значительная диссипация энергии), заменяются на более совершенные.

Особого осмысления требует характер изменения электромагнитной системы пожарного робота (ряд 2 на

рисунке 2), характеризующийся ростом значений от 14,9 (родительская популяция) до 21,9 (8-е поколение потомков). Столь заметная эволюция (в численном отношении на 54,6 %) на менее, чем 10 поколениях может свидетельствовать о высоких перспективах такого рода систем в создании инновационных конструкций пожарных роботов и их элементов. При этом, как нам представляется, речь может идти не только о каких-то конструкционных усовершенствованиях систем пожарного робота, а также о возможных принципиальных изменениях технологии роботизированного пожаротушения вообще.

Как следует из представленных на рисунке данных, роль оптических систем пожарного робота (ряд 3) по мере эволюции его конструкции будет снижаться. Исследованиями установлено снижение среднего значения фенотипа с 32,9 до 18,8. Очевидно, что в перспективных конструкциях пожарных роботов оптические системы будут постепенно заменяться другими, основанными на других физических эффектах и явлениях, возможно, электромагнитными. В известной степени логичной является тенденция изменения средних значений фенотипов для электронной системы пожарного робота (ряд 4). Под электронными системами следует понимать, в первую очередь, структурные эле-

менты, являющиеся частью других систем или отдельными структурными элементами пожарного робота. Такими системами могут являться,

например, микропроцессоры или бортовые компьютеры (для мобильных роботов).

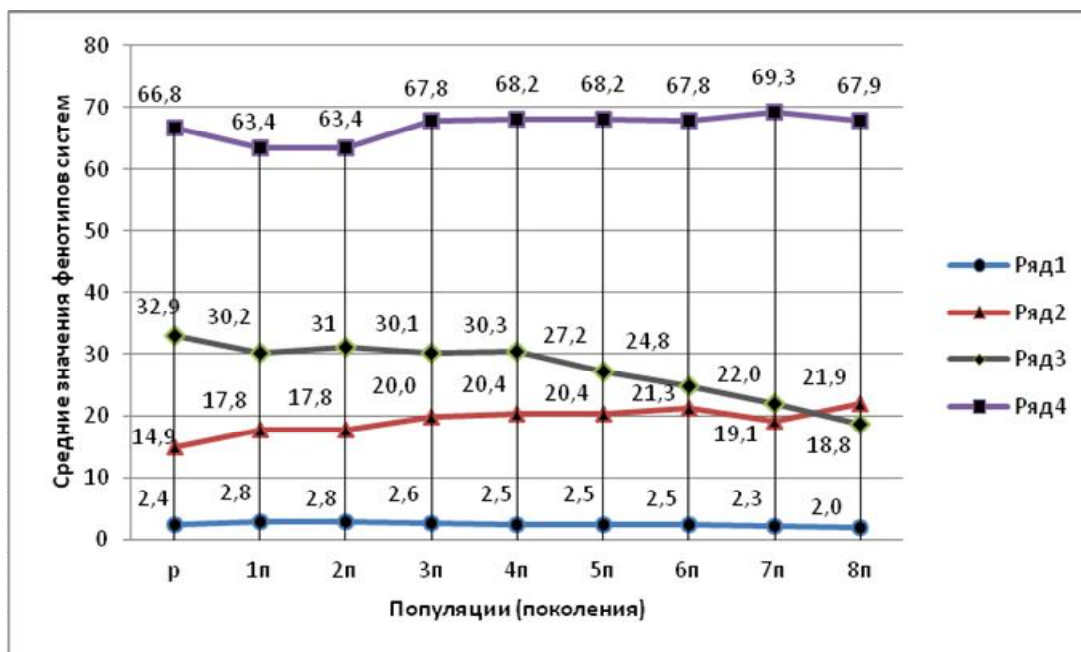


Рисунок 2 – Изменение средних значений фенотипов систем по популяциям (ряды 1-4 – соответственно механическая, электромагнитная, оптическая и электронная системы пожарного робота)

Использование ГА на каждом уровне иерархии технических систем может обеспечить последовательное конструктивное усовершенствование систем на уровне модулей, подсистем различного уровня, вплоть до отдельных элементов устройств.

С учетом изложенного выше считаем возможным предложить новый термин, характеризующий область знания, связанную с использованием генетических алгоритмов (более точно, эволюционного моделирования) для описания закономерностей развития и оптимизации конструкций самых разнообразных технических систем – «генотехника». С точки зрения методологии науки это оправдан-

но, так как «генотехника» по существу представляет собой так называемую стыковую область биологии с техникой, обещающую для обеих стыкующихся наук много новых идей и гипотез для их последующего развития.

Генотехника – наука о закономерностях наследственности и изменчивости технических систем, создаваемых человеком для целей производства и непроизводственных потребностей общества.

Необходимо отметить, что использование генетического алгоритма в нашем случае не предполагает какого-либо конкретного указания на то, каким образом изменить конст-

рукцию пожарного робота, а лишь направляет наше внимание к некоторому оптимальному сочетанию выбранных для изучения систем (подсистем, элементов) и тенденциям их развития.

Проведенные нами исследования [12-13] показали, что в качестве критерия на втором этапе оптимизации конструкции пожарного робота эффективно может быть использован «удельный информационный показатель», впервые предложенный и введенный в теорию и практику оценки инноваций академиком А.И. Свириденком [14].

Представляет интерес проверка предложенной методологии для решения других технических задач. При этом совершенно очевидно, что нужно обратить внимание на более корректный выбор вида функции приспособленности, проверки некоторых других условий остановки ГА, необходимость создания специализированного программного продукта для предложенных методических этапов решения задачи.

Заключение

По результатам проведенных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. Показано, что использование генетических алгоритмов позволяет оценить степень совершенства и выявить тенденции развития физических систем пожарного робота.

2. Дано определение и осуществлена трактовка основных технических терминов пожарной робототехники – аналогов генетических алгоритмов.

3. На основе предложенной терминологии разработана методика матричного представления пожарного робота в параметрах двоичного кода.

4. Итерационный рост значений функции приспособленности свидетельствует о повышении инновационности конструкции пожарного робота и его систем.

5. Средние значения фенотипов систем генерируемых популяций позволяют оценить динамику их развития и сделать выводы о перспективах использования при создании более совершенных конструкций пожарных роботов.

6. Обосновывается попытка введения и приводится формулировка нового термина «генотехника».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Holland, J.H.* Adaption in Natural and Artificial Systems, Ann. Arbor: University of Michigan Press, 1975. – 183 p.

2. *Курейчик, В.М.* Генетические алгоритмы и их применение / В.М. Курейчик. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 242 с.

3. *Рутковская, Д.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с. (с. 124. Глава 4. Генетические алгоритмы).

4. *Coley, D.A.* An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers. – World Scientific Publishing, 1999. – 227 p.

5. *Haupt, R.L.* Practical Genetic Algorithms / R. L. Haupt, S. E. Haupt. – Wiley Interscience, 2004. – 253 p.

6. *Kazem, B.I.* Motion Planning for a Robot Arm by Using Genetic Algorithm / B. I. Kazem, A. I. Mahdi, A. T. Oudah / Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. Volume 2, Number 3, Sep. 2008/ - P. 131–136.

7. *Слюсар, В.* Синтез антенн на основе генетических алгоритмов / В. Слюсар. – Первая миля. – 2008, № 6. – С. 16–23.

8. *Потеха, В.Л.* Роботизированные системы пожаротушения в Республике Беларусь / В. Л. Потеха, А. В. Потеха, Г. Н. Здор // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. – № 13. – С. 106–115.

9. Роботизированные системы пожаротушения. www.rffs.org (категория «Наука»).

10. *Потеха, А.В.* Пожарные роботы. Основные термины и определения / А.В. Потеха, В.Л. Потеха // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2007, Т. 2, № 2. – С. 60–68.

11. *Ермасов, С.В.* Инновационный менеджмент / С.В. Ермасов,

Н.Б. Ермасова. – М.: Высшее образование, 2007. – 505 с.

12. *Здор, Г.Н.* Прогнозирование развития систем пожарной безопасности / Г.Н. Здор, А.В. Потеха, Ю.С. Иванов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2013. – № 1 (33). – С. 5–14.

13. *Здор, Г.Н.* Методические особенности использования генетических алгоритмов для создания инновационных робототехнических систем / Г.Н. Здор, А.В. Потеха // Автоматизация и роботизация процессов и производств: материалы республиканского научно-практического семинара / редкол.: Ф.И. Пантелеенко (гл. ред.) [и др.], Минск: Бизнесофсет, 2014. – С. 24–26.

14. *Свириденко, А.И.* Роль научно-технических инноваций в эпоху глобализации / А.И. Свириденко, С.А. Маскевич // Наука и инновации в регионах Беларуси: Материалы республикл. науч.-практ. конф. – Могилев: ИТМ НАН Беларуси, 2002. – С. 5–17.



УДК 614.846.6

Казябо В.А.

Проблемы компоновки пожарных аварийно-спасательных автомобилей

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

Рассматриваются основные принципы и проблемы компоновки пожарной аварийно-спасательной техники, разрабатываемой и производимой в Республике Беларусь.

Ключевые слова: компоновка техники, безопасность, пожарная аварийно-спасательная техника, пожарный автомобиль.

V.A. Kaziabo

Layout issues of the fire-fighting vehicles

*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies»
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

The main principles and problems of layout issues of the fire-fighting vehicles developed and manufactured in the Republic of Belarus are considered.

Keywords: layout techniques, safety, fire rescue equipment, fire-fighting vehicle.

Введение

Пожарные автомобили разделяются на основные автомобили, автомобили специального и вспомогательного назначения. В качестве наиболее характерных и востребованных подразделениями по чрезвычайным ситуациям рассмотрим основные пожарные автомобили (далее – пожарный автомобиль), создаваемые на различных колесных шасси, предназначенные для доставки личного состава подразделений по чрезвычайным ситуациям, огнетушащих веществ и оборудования к месту вызова и подачи огнетушащих веществ (воды, пены, порошков, инертных газов,

других веществ и составов) в зону горения [1].

В Республике Беларусь активно ведутся работы в части реконструкции парка пожарных автомобилей путем создания и применения многофункциональных пожарных аварийно-спасательных автомобилей, приспособленных для тушения пожаров, проведения технических и специальных работ на месте ликвидации чрезвычайных ситуаций [2–4].

Такие автомобили должны отличаться оптимальной компоновкой, современной конструкцией, высокой эргономикой и надежностью, максимальной комплектацией, при этом

должны быть технологичны и конкурентоспособны по цене.

В соответствии с общими требованиями к компоновке пожарные автомобили должны состоять из следующих основных частей:

базового шасси с кабиной водителя или специальной кабиной для размещения водителя и боевого расчета;

кабины для боевого расчета в виде отдельного модуля;

отсеков кузова для размещения насосной установки и пожарнотехнического вооружения, закрепленного в установленном месте;

сосудов для огнетушащих веществ;

насосной установки с коммуникациями;

дополнительной трансмиссии привода насосной установки;

установки порошкового тушения;

лафетного ствола;

дополнительного электрооборудования;

системы дополнительного охлаждения двигателя [1].

В зависимости от назначения и конструктивного исполнения пожарные автомобили могут быть оборудованы дополнительными устройствами при отсутствии одной или нескольких из ранее перечисленных составных частей.

Компоновка составных частей на раме должна обеспечивать распределение массы пожарного автомобиля между осями в соответствии с нормативно-технической документацией на конкретное шасси. При этом нагрузка

на управляемую ось должна составлять не менее 25 % от полной массы, а нагрузки на колеса правого и левого бортов должны быть равными с допустимым отклонением ± 1 % от полной массы.

При недостаточном компоновочном пространстве для выполнения данных требований допускается производить удлинение рамы, согласованное с предприятием-изготовителем базового шасси, при условии выполнения указанных требований.

Крупногабаритное оборудование (ручные лестницы, всасывающие рукава и т.п.) допускается размещать на крыше пожарного автомобиля, при этом оборудование, размещаемое на крыше, не должно ухудшать параметров обзорности базового шасси согласно СТБ ГОСТ Р 51266-2003 «Автомобильные транспортные средства. Обзорность с места водителя. Технические требования. Методы испытаний».

В зависимости от назначения и климатического исполнения пожарного автомобиля насосная установка может иметь среднее (в салоне) или заднее (в насосном отсеке) расположение.

Форма цистерны выбирается исходя из компоновочных особенностей конкретной модели пожарного автомобиля. При этом высота расположения центра тяжести цистерны с водой должна быть не более 700 мм от верхней полки лонжеронов рамы.

Не допускается точечное крепление сосудов для огнетушащих веществ на раме шасси и использование

их в качестве несущих элементов для крепления отсеков кузова.

Должна быть обеспечена подвижность надстройки относительно салона при угловых колебаниях рамы. Применение единой (цельнометаллической) конструкции кабины с салоном и надстройки не допускается. В случае применения эластичного соединения отдельных отсеков кузова должна быть обеспечена подвижность отсеков относительно друг друга.

Компоновка автомобиля должна обеспечивать возможность свободно-

го доступа ко всем устройствам и деталям, подлежащим обслуживанию и контролю в эксплуатации.

С учетом указанных требований в рамках заданий ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций» были разработаны автомобиль быстрого реагирования и пожарные автоцистерны с емкостями для воды 5,0 м³ и 2,0 м³ на базе шасси МАЗ-5337 и МАЗ-4370 с колесной формулой 4×2 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Пожарные автоцистерны на базе шасси МАЗ-5337 и МАЗ-4370 с колесной формулой 4×2

При разработке указанной техники максимально использовался подход, основанный на применении модульной технологии, направленный на максимальную адаптацию к широкому диапазону условий использования конкретного защищаемого объекта (города, сельской местности и др.), особое внимание уделялось эргономике и функциональному размещению оборудования исходя из его назначения, рациональной компоновке с максимальным использовани-

ем рабочего пространства, возможностью оперативной трансформации и изменения конфигурации отсеков, безопасности конструкции и коррозионной стойкости.

При проектировании техники Министерством по чрезвычайным ситуациям совместно с Национальной академией наук широко применялись информационные технологии и компьютерное моделирование, что позволило еще на этапе проектирования определить наиболее оптимальный

вариант расположения оборудования, провести динамические и прочностные расчеты автомобиля и его весогабаритных характеристик. Вместе с тем многовариантность компоновки создает сложности с обеспечением оптимальных значений компоновочных параметров ПА, что приводит к снижению показателей устойчивости и управляемости, ухудшению тормозной динамики, снижению курсовой устойчивости. Это может вызвать необходимость доработки конструкций пожарных автомобилей и, как следствие, необходимость создания специализированного шасси.

Проводимые исследования позволяют определить базовый перечень дополнительных требований, отличающих серийное шасси от специализированного с учетом компоновочных требований, безопасности, управляемости и устойчивости. В качестве основных необходимо отметить разработку и производство двурядной кабины промышленного производства, применение стабилизаторов поперечной устойчивости, уве-

личение жесткости подвесок, снижение высоты центра тяжести пожарной надстройки компоновочными мерами, применение волноломов в цистернах вместимостью более 1500 л, снижение моментов инерции базовых модулей за счет изменения схемы размещения пожарно-технического вооружения, оптимизацию распределения подрессоренных масс относительно всех осей автомобиля (коэффициент распределения подрессоренных масс должен находиться в границах $\varepsilon = 0,8...1,2$) [5].

В качестве базового шасси для разработки данной техники использовались отечественные шасси производства Минского автомобильного завода.

С целью оптимизации конструкции разрабатываемой и производимой пожарной техники совместно с Минским автомобильным заводом создано специализированное шасси, предназначенное для пожарной и аварийно-спасательной техники (рисунок 2).



Рисунок 2 – Специализированное шасси МАЗ-530905 с колесной формулой 4×4

Разработка данных типоразмеров пожарных автомобилей позволила удовлетворить потребности подразделений по чрезвычайным ситуациям больших городов, районных центров и других территориальных единиц, обладающих хорошими дорожными условиями, и в ходе подконтрольной эксплуатации выявить ряд компоновочных и конструктивных особенностей, снижающих эффективность эксплуатации данной техники. Также неудовлетворенным остался спрос подразделений, эксплуатирующих технику в условиях бездорожья. Выходом из сложившейся ситуации стала разработка и постановка на производство пожарных автоцистерн на базе шасси повышенной проходимости.

В ходе реализации ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций» и в рамках развития линейки пожарной аварийно-спасательной техники были разработаны две модели пожарных автоцистерн на полноприводном шасси МАЗ 530905, что особенно актуально при тушении природных пожаров (рисунок 3).

Потребность подразделений по чрезвычайным ситуациям в определенных моделях пожарных автоцистерн обусловлена их количеством, территориальным расположением, удаленным расположением водоемчиков для дополнительной дозирования или их отсутствием. Наиболее востребованными в малых городах и населенных пунктах, в сельской местности являются пожарные автоцистерны с вместимостью емкости для воды не менее 5 000 литров, что

вполне укладывается в выбранную и реализованную в рамках задания ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций» концепцию.

Конструкцией одной из модификаций предусмотрен увеличенный до 5,8 м³ объем цистерны для воды, что при сохранении вывозимой номенклатуры пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования, используемого при ликвидации различных видов чрезвычайных ситуаций, повышает энерговооруженность и эффективность применения автомобиля более чем на 15 % по сравнению с аналогичными автомобилями, производимыми на двухосных шасси.

На одном из разработанных автомобилей применена сдвоенная кабина принципиально новой конструкции, отвечающая всем современным требованиям по безопасности и эргономике. При разработке указанных шасси была увеличена их грузоподъемность, применены усиленная рама, рессоры и тормозные камеры большей производительности, адаптировано под установку специальных агрегатов электрооборудование базового шасси, существенно изменена компоновка по сравнению с базовой (серийной) моделью, что позволило расширить перечень, рационально и эргономично разместить пожарно-техническое оборудование и инструмент.

Учитывая различную численность отделений на пожарных автоцистернах, разработаны две модификации:

автомобиль первого хода с возможностью доставки отделения численностью шесть человек (включая водителя), основного пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования, используемого при тушении пожаров;

автомобиль второго хода с возможностью доставки отделения чис-

ленностью два человека (включая водителя), большей номенклатуры пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования, используемого при ликвидации различных видов чрезвычайных ситуаций.



Рисунок 3 – Пожарные автоцистерны на базе шасси МАЗ-530905 с колесной формулой 4×4

В зависимости от назначения данные модификации могут укомплектовываться таким дополнительным специфическим оборудованием, как оборудование для спасания на водах. Это позволит использовать данную технику не только для тушения пожаров, но и для ликвидации других видов чрезвычайных ситуаций характерных для территории выезда подразделения, что актуально для подразделений с небольшим количеством пожарной аварийно-спасательной техники.

При создании двух модификаций пожарной автоцистерны реализованы следующие решения:

использование в качестве базового автомобиля полноприводного спе-

циально подготовленного для нужд МЧС шасси отечественного производства (МАЗ-530905);

кузовная надстройка модульного типа;

цистерна и пенобак из материалов, не подверженных коррозии;

дистанционное управление двигателем и сцеплением автомобиля при работе насоса;

регулируемая конструкция элементов крепления полок в отсеках для размещения аварийно-спасательного оборудования, позволяющая моделировать внутреннее пространство в зависимости от пожеланий заказчика, с учетом весовых характеристик пожарного автомобиля;

откидные подножки для удобства доступа к оборудованию, являющиеся крышками боковых отсеков, и другие приспособления, облегчающие доступ к нему.

Разработка конструктивных решений и организация производства специализированного шасси для аварийно-спасательной техники с цельнометаллической двурядной кабиной салонного типа совместно с ОАО «МАЗ» на производственных мощностях завода, а также тот факт, что при разработке компоновочных решений пожарных автоцистерн максимально учитывались конструктивные особенности данного шасси, позволили высвободить свободное пространство для дополнительных отсеков в боковых нишах в межколесной базе.

В спроектированных отсеках в межколесных нишах ниже уровня рамы размещено наиболее крупногабаритное и тяжелое оборудование: генератор и плавающая мотопомпа, что положительным образом сказывается на поперечной устойчивости, а также эргономике и безопасности при эксплуатации вследствие облегчения доступа, снижения трудоемкости использования и уменьшения времени приведения в боевую готовность.

Поперечное расположение емкости для воды и, как следствие, отсеков для пожарно-технического оборудования позволило спроектировать достаточно объемные и глубокие, до половины габаритной ширины надстройки автомобиля, отсеки для размещения крупногабаритного оборудования и рационального его распо-

ложения с учетом требований назначения и функциональности. Для повышения удобства применения, обеспечения свободного доступа к оборудованию с трех сторон одновременно в конструкции применены выдвигаемые полки с универсальным креплением, которые в совокупности с откидными ступенями, являющимися одновременно крышками боковых отсеков, позволяют максимально эффективно использовать рабочее пространство надстройки пожарных автоцистерн.

Вместе с тем в качестве особенности компоновки и рационального размещения пожарного аварийно-спасательного оборудования на полноприводных автомобилях необходимо отметить достаточно большую габаритную высоту, обусловленную, в том числе, характеристиками базового шасси с колесной формулой 4×4, что не всегда позволяет разместить все необходимое оборудование в зоне досягаемости спасателя, находящегося на поверхности земли, либо опорной площадке ступени надстройки. Проблема также осложняется наличием так называемых «мертвых зон» в области крыши, доступ к которым осложняется наличием конструктивных элементов, ограничивающих проем для доступа в отсек. В целях более эффективного использования пространства надстройки, свободные ниши в верхней части надстройки на уровне барабанов роллетных штор задействованы для размещения габаритного, не часто используемого оборудования и снаряжения, обладающего незначительным весом, которое

размещено в закрывающихся контейнерах, не выступающих за габарит автоцистерны по высоте, крышки которых являются одновременно полом для передвижения спасателей по крыше автомобиля, при сохранении показателей управляемости и устойчивости.

Разработанные автоцистерны имеют сравнительно высокую удельную мощность, высокую проходимость, управляемость, маневренность и функциональность. Конструкция автомобиля обеспечивает безопасность при опрокидывании автомобиля, лобовом и боковых столкновениях, кабина для боевого расчета прошла комплекс необходимых испытаний в соответствии с Правилами ЕЭК ООН №29 в части сохранения жизненного пространства при бо-

вом и фронтальном ударах, статической нагрузке на крышу.

Следует отметить, что в настоящее время реализуется ряд инновационных для Республики Беларусь проектов по разработке пожарной аварийно-спасательной техники.

В рамках задания 13 «Разработать опытный образец и освоить производство пожарных автомобилей многофункционального назначения на базе полноприводного шасси МАЗ-530905» программы ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций» осуществляется разработка и поставка на производство специализированного автомобиля для участия в международных поисково-спасательных операциях и аттестации МЧС Республики Беларусь в международной системе INSARAG.

Планируемая область применения ПАСА по линии INSARAG

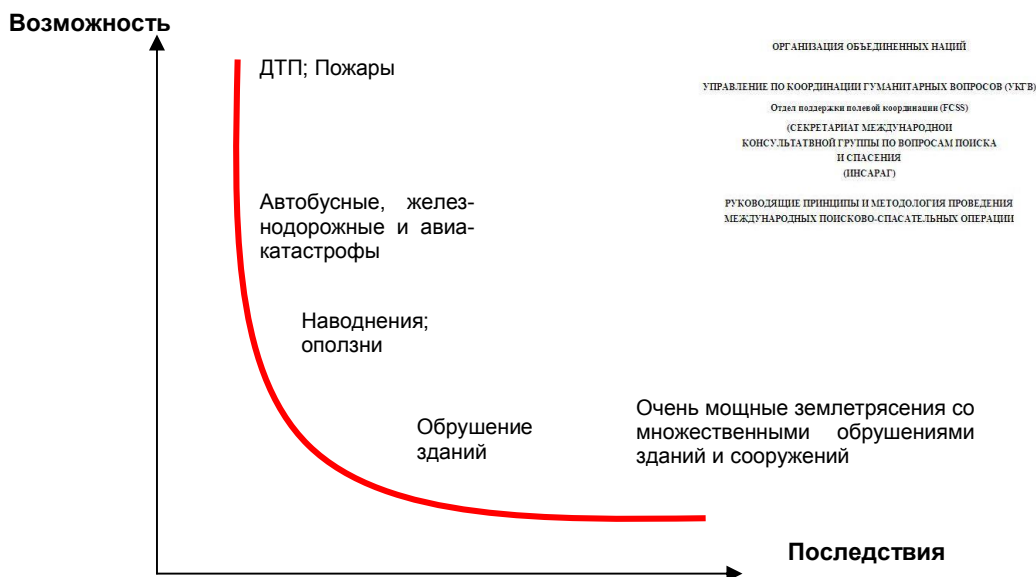


Рисунок 4 – Планируемая область применения ПАСА по линии INSARAG

В рамках данного проекта осуществляется создание пожарного аварийно-спасательного автомобиля многофункционального назначения на базе полноприводного шасси МАЗ-530905 с высокими показателями эксплуатационных свойств, на-

дежности, оперативности прибытия боевого расчета и доставки к месту ликвидации чрезвычайных или внештатных ситуаций аварийно-спасательного, медицинского, поискового оборудования и инструмента (рисунок 5).

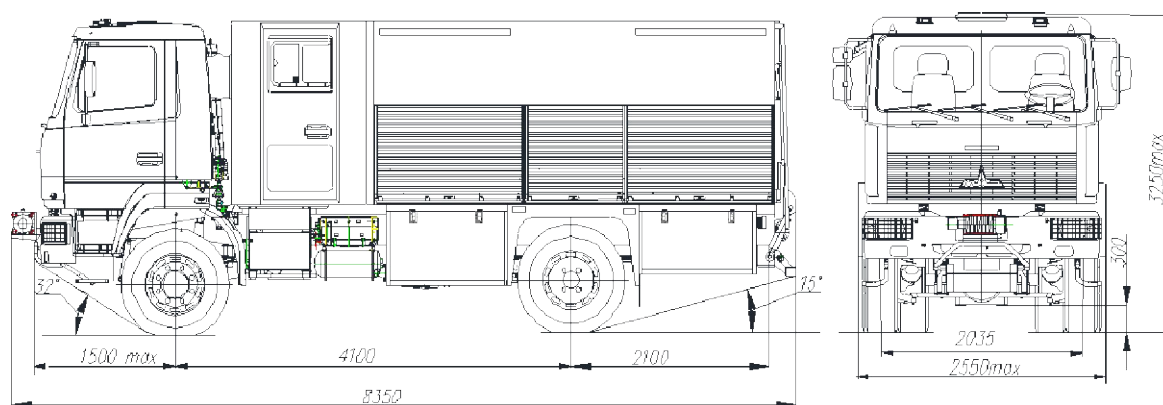


Рисунок 5 – Аварийно-спасательный автомобиль многофункционального назначения на базе полноприводного шасси МАЗ-530905

Разрабатываемый автомобиль предназначен в первую очередь для:

- оперативной доставки спасателей и специального оборудования к месту возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Республики Беларусь и за ее пределами, в том числе с помощью авиационного транспорта;

- обеспечения проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;

- проведения поисково-спасательных работ в завалах разрушенных зданий;

- мероприятий по поиску и оказанию медицинской помощи пострадавшим;

- ведения химической разведки;
- связи и оповещения в ходе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, катастроф и стихийных бедствий в тяжелых природно-климатических условиях.

В качестве особенностей конструкции проектируемый автомобиль состоит из следующих сборочных единиц, узлов и комплектующих:

- 1) специального автомобильного шасси МАЗ-530905;

- 2) отдельного модуля боевого расчета для размещения 4 спасателей с автономным обогревателем и кондиционером;

- 3) кузовной надстройки для аварийно-спасательного вооружения, инвентаря и снаряжения;

4) специальных контейнеров на поворотных роликах для спасательного оборудования и инструмента по назначению в количестве 6 шт.;

5) гидроподъемного борта с функцией задней двери, рассчитанного на грузоподъемность не менее 750 кг;

6) дополнительного, или с заменой штатного, топливного бака на более объемный, с общим запасом топлива не менее 500 л;

7) фронтальной автомобильной лебедкой с гидроприводом усилием не менее 8000 кгс;

8) стационарной осветительной мачтой с высотой выдвижения не менее 3 м с блоком прожекторов 2 кВт нового образца;

9) автономным генератором 230-380 В мощностью не менее 11 кВт по однофазному току и исполнением не ниже IP 54;

10) оборудования для подачи светозвуковой сигнализации;

11) дополнительного электрооборудования;

12) специального оборудования;

13) пожарно-технического вооружения.



Рисунок 6 – Компоновочные решения для аварийно-спасательного автомобиля многофункционального назначения на базе полноприводного шасси МАЗ-530905

Модуль для размещения боевого расчета представляет собой однорядный, цельнометаллический, двухдверный, четырехместный модуль салонного типа. В кузовной надстройке предусмотрены шесть стационарных боковых отсеков для размещения и крепления специального оборудования, оборудованных шторными дверьми в пылезащитном исполнении, и внутреннее пространство с тремя съемными контейнерами, размещаемыми по центру надстройки

вдоль продольной оси автомобиля. Пол внутреннего пространства имеет направляющие, которые облегчают закатывание контейнера внутрь кузовной надстройки и их надежную фиксацию в транспортном положении с целью исключения перемещения при динамических нагрузках, возникающих при движении автомобиля. Контейнер имеет в основании ролики, которые попадая в направляющую, требуют минимум усилий для установки контейнера в кузов. Доступ

к контейнерам через задний дверной проем при помощи установленного на заднем свесе гидроборта грузоподъемностью 750 кг (рисунок 6).

В данной модели автомобиля учтен ряд недостатков, выявленных в предыдущих моделях. В качестве отличительной особенности необходимо отметить расположение отсеков для пожарно-технического оборудования вдоль продольной оси автомобиля. Это позволило облегчить доступ к нему и минимизировать применение дополнительных приспособлений (поворотных и выдвигаемых направляющих), а за счет рационального использования пространства в верхней части надстройки, размещения редко используемого оборудования и обеспечения доступа к нему

с внутренней части надстройки – отказаться от применения дополнительных ступеней и обеспечить свободный доступ к оборудованию с поверхности земли за время, на 30-50 % меньшее по сравнению с традиционными конструкциям.

Рациональное размещение оборудования позволило отказаться также от применения дополнительных отсеков на крыше и снизить общую высоту надстройки ниже уровня крыши, что особенно актуально при транспортировке данной техники воздушным транспортом в грузовом отсеке воздушного судна ИЛ-76 при реагировании на чрезвычайные ситуации во всем мире в соответствии с рекомендациями Организации Объединенных Наций (рисунок 7).

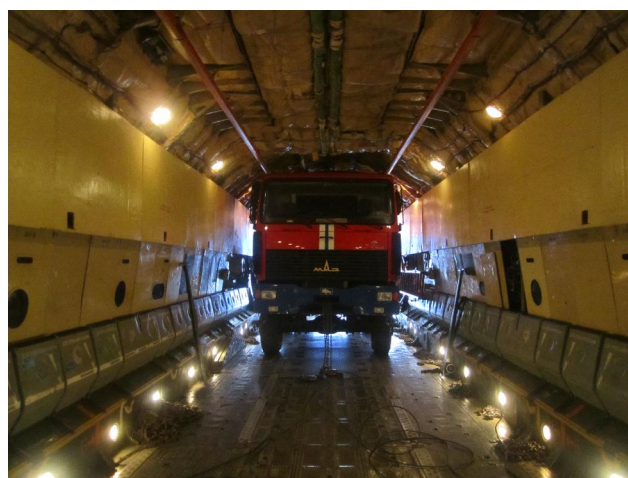


Рисунок 7 – Погрузка и размещение аварийно-спасательного автомобиля многофункционального назначения на базе полноприводного шасси МАЗ-530905 в грузовом отсеке воздушного судна ИЛ-76

Несмотря на то, что указанная конструкция и компоновочные решения применены на аварийно-спасательном автомобиле, где не требуется наличие насоса и емкостей для огнетушащих веществ, схожая конст-

рукция с продольным размещением как отсеков, так и цистерны может применяться и на основной пожарной технике.

В связи с изложенным целесообразно выделить два основных прин-

ципа компоновки пожарных автомобилей с соответствующими особенностями и характерными им свойствами.

Особенности компоновки при поперечном расположении емкости для огнетушащих веществ.

Плюсы:

модульная компоновка и, как следствие, более высокая технологичность;

более широкие возможности по достижению оптимальных показателей распределения полной массы по осям, что особенно важно при создании пожарного аварийно-спасательного автомобиля тяжелого класса;

сосредоточение оборудования в отсеках более компактно.

Минусы:

более велико влияние поперечного смещения огнетушащего вещества в цистерне при ее движении, что отрицательно влияет на управляемость и устойчивость пожарного аварийно-спасательного автомобиля, для компенсации чего требуется усложнение конструкции цистерны;

наличие «сквозных» отсеков требует применения дополнительных механизмов (приспособлений) выдвижных и поворотных для обеспечения доступа к оборудованию, находящемуся в отсеках;

увеличивается время реагирования на чрезвычайные ситуации вследствие необходимости совершения дополнительных операций по извлечению оборудования, обеспечению совместного доступа боевого расчета в один и тот же отсек.

Особенности компоновки при продольном расположении емкости для огнетушащих веществ.

Плюсы:

конструкция обеспечивает непосредственный доступ к оборудованию в отсеках без применения дополнительных приспособлений;

позволяет понизить как общую высоту надстройки, так и максимальную высоту отсеков для обеспечения непосредственного доступа к оборудованию без применения дополнительных ступеней и лестниц;

большая вероятность нарушения распределения полной массы по осям по отношению к характеристикам базового шасси, что особенно актуально для ПАСА тяжелого класса.

Минусы:

малая глубина отсеков и рассредоточенность оборудования по всей боковой поверхности надстройки.

При проектировании техники необходимо учитывать все изложенные факторы, влияющие на реализацию основных показателей назначения ПАСП. Комплексный подход в части разработки и постановки на производство пожарной аварийно-спасательной техники позволит значительно повысить уровень защищенности населения от чрезвычайных ситуаций и пожаров и укрепит экономический и промышленный потенциал Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. НПБ 101-2005 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Основные пожарные автомоби-

ли. Общие технические требования. Методы испытаний.

2. *Казябо, В.А.* Пожарная аварийно-спасательная техника / В.А. Казябо, А.А. Орешко // Научное обеспечение защиты от чрезвычайных ситуаций: Основные результаты выполнения государственной научно-технической программы «Чрезвычайные ситуации» (2005–2010 гг.): сб. науч. трудов / редкол.: Г.Ф. Ласута (научн. ред.) [и др.]. – Мн.: УП «Промбытсервис», 2012. – С. 168-175.

3. *Казябо, В.А.* Пожарная аварийно-спасательная техника повышенной проходимости / В.А. Казябо, М.А. Колбаскин // Научное обеспечение защиты от чрезвычайных ситуаций: Основные результаты выполнения государственной научно-технической программы «Чрезвычайные ситуации» (2005–2010 гг.): сб.

науч. трудов / редкол.: Г.Ф. Ласута (научн. ред.) [и др.]. – Мн.: УП «Промбытсервис», 2012. – С. 189-196.

4. *Казябо, В.А.* Пожарная аварийно-спасательная техника повышенной проходимости // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация № 2 (32) – 2012. Научно-технический журнал / Ред. кол.: В.Б. Альгин [и др.]. – Мн.: УП «Промбытсервис», 2012. – С. 157-165.

5. *Пивоваров, В.В.* Совершенствование парка пожарных автомобилей / В.В. Пивоваров. – М.: ВНИИПО, 2006. – 194 с.



СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информация Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций «О приобретении норм и правил пожарной безопасности и иных печатных изданий по пожарной безопасности»

НИИ ПБ и ЧС предлагает следующие печатные издания:

Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь.

Правила пожарной безопасности Республики Беларусь.

Технические кодексы установившейся практики.

Журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (объем журнала — 100-200 страниц формата А4; периодичность выпуска издания — 2 раза в год).

Материалы конференций, семинаров и иная справочно-информационная и методическая литература.

В журнале «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» публикуются статьи, представляющие научный интерес в области пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, материалы научно-практических конференций, семинаров, симпозиумов.

УСЛОВИЯ ПРИОБРЕТЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ

Для получения распространяемых институтом нормативно-технических документов и других изданий необходимо:

- 1. Направить заявку в адрес отдела научно-технической информации НИИ ПБ и ЧС (тел./ф.: (017) 299-96-30, 246-57-31, 246-41-01), в которой указать банковские реквизиты, адрес, контактный телефон, факс.**
- 2. После получения счета-фактуры перечислить указанную в ней сумму на расчетный счет № 3622028300016 филиала № 529 «Белсвязь» АСБ «Беларусбанк», код 720 УНН 101 114 857, ОКПО 374 381 68 (получатель — НИИ ПБ и ЧС), при этом НДС учитывать не следует.**

№ п/п	Нормативно-технический документ, печатное издание
ПРАВИЛА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
1.	ППБ Беларуси 01–2014 Правила пожарной безопасности Республики Беларусь
2.	ППБ 2.17–2004* Правила пожарной безопасности Республики Беларусь на метрополитенах
3.	ППБ 2.30–2006* Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для гражданской и государственной авиации
4.	ППБ 2.33–2007* Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для геологоразведочных организаций
5.	ППБ 2.34–2007 Правила пожарной безопасности Республики Беларусь на судах внутреннего водного транспорта
6.	ППБ 2.35–2007 Правила пожарной безопасности Республики Беларусь при добыче нефти и переработке газа
7.	ППБ 2.38–2010 Правила пожарной безопасности в лесах Республики Беларусь
НОРМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
8.	НПБ РБ 3–97* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь для торговых киосков и павильонов
9.	НПБ 6–2000* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Одноквартирные и блокированные жилые дома. Противопожарные требования
10.	НПБ 11–2000* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Клапаны противопожарные и дымовые. Метод испытания на огнестойкость
11.	НПБ 14–2004* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Лифты пожарные. Общие технические требования
12.	НПБ 15–2007* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Область применения автоматических систем пожарной сигнализации и установок пожаротушения
13.	НПБ 16–2000* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Аппараты теплогенерирующие, работающие на различных видах топлива. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний
14.	НПБ 21–2002* нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Мебель. Оценка воспламеняемости мягкой мебели. Методы испытаний
15.	НПБ 22–2000 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Потолки подвесные. Метод испытания на огнестойкость
16.	НПБ 23–2010 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемо-сдаточных и периодических испытаний
17.	НПБ 40–2001 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Установки пенного пожаротушения автоматические. Дозаторы. Общие технические требования. Методы испытаний
18.	НПБ 41–2001* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Узлы управления. Общие технические требования. Методы испытаний
19.	НПБ 44–2002 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Приборы и аппаратура автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации. Помехоустойчивость и помехоэмиссия. Общие технические требования. Методы испытаний
20.	НПБ 51–2002* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Ткани. Оценка воспламеняемости постельных принадлежностей. Методы испытаний
21.	НПБ 56–2002 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь Пожарная техника. Оросители водяные спринклерные для подвесных потолков. Методы испытаний
22.	НПБ 60–2002 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Составы газовые огнетушащие. Общие технические требования. Методы испытаний
23.	НПБ 62–2003* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Культурные здания и сооружения. Противопожарные требования
24.	НПБ 63–2002 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Пиротехнические изделия и фейерверки. Общие требования. Методы испытаний
25.	НПБ 64–2002* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Порядок определения необходимого количества сил и средств для обеспечения функционирования подразделений, осуществляющих предупреждение и тушение пожаров в организациях
26.	НПБ 65–2003* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Противодымная защита и автоматическая пожарная сигнализация жилых зданий. Организация и порядок проведения работ по наладке, приемке в эксплуатацию и эксплуатации
27.	НПБ 68–2003 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Препараты в аэрозольных упаковках. Общие требования пожарной безопасности
28.	НПБ 71–2003* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Метод испытания на огнестойкость
29.	НПБ 76–2003* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь Устройства спасательные рукавные. Общие технические требования. Методы испытаний
30.	НПБ 78–2003 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Насосы центробежные пожарные (для пожарных автомобилей). Общие технические требования. Методы испытаний

№ п/п	Нормативно-технический документ, печатное издание
31.	НПБ 79–2004* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Установки газового пожаротушения автоматические. Резервуары изотермические. Общие технические требования. Методы испытаний
32.	НПБ 81–2003 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Устройства канатно-спусковые. Технические требования пожарной безопасности. Методы испытаний
33.	НПБ 83–2004* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Установки газового пожаротушения автоматические. Устройства распределительные. Общие технические требования. Методы испытаний
34.	НПБ 85–2004 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Устройства спасательные прыжковые. Общие технические требования. Методы испытаний
35.	НПБ 87–2004* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Разветвления рукавные. Общие технические требования. Методы испытаний
36.	НПБ 91–2004 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Средства огнезащитные для железобетонных конструкций. Общие технические требования. Методы испытаний
37.	НПБ 92–2004* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Мебель. Методы определения воспламеняемости матрасов и мягких оснований кроватей от тлеющей сигареты и газового пламени, эквивалентного пламени спички
38.	НПБ 94–2004 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Вагоны пассажирские. Вагоны метрополитена. Требования пожарной безопасности
39.	НПБ 96–2004 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Здания с атриумами (пассажами). Противопожарные требования
40.	НПБ 97–2004 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Каминные. Требования пожарной безопасности
41.	НПБ 100–2005* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Автолестницы пожарные и их составные части. Общие технические требования. Методы испытаний
42.	НПБ 101–2005* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний
43.	НПБ 104–2005 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний
44.	НПБ 107–2005 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Автомобиль связи и освещения. Общие технические требования. Методы испытаний
45.	НПБ 108–2005 Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Автомобиль газодымозащитной службы. Общие технические требования. Методы испытаний
46.	НПБ 109–2005* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Автоподъемники пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний
47.	НПБ 110–2005* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Печное отопление. Требования к устройству печей и их эксплуатации
48.	НПБ 113–2005* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Системы передачи извещений о пожаре. Общие технические требования. Методы испытаний
49.	НПБ 114–2005* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Взрыворазрядные устройства. Технические требования и методы испытаний
ТЕХНИЧЕСКИЕ КОДЕКСЫ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ	
50.	ТКП 112–2007 (02300)* Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны
51.	ТКП 121–2008 (02300) Пожарная безопасность. Электропроводка и аппараты защиты внутри зданий. Правила устройства и монтажа
52.	ТКП 247–2010 (02300) Противодымная защита путей эвакуации из платформенных залов станций метрополитена. Правила расчета
53.	ТКП 253–2010 (02300) Автозаправочные станции. Пожарная безопасность. Нормы проектирования и правила устройства
54.	ТКП 254–2010 (02300) Пожарная безопасность атомных станций. Общие технические требования
55.	ТКП 260–2010 (02300) Приспособление объектов коммунально-бытового назначения для санитарной обработки людей, специальной обработки одежды и подвижного состава автотранспорта
56.	ТКП 268–2010 (02300) Обеспечение населения в чрезвычайных ситуациях
57.	ТКП 295–2011 (02300) Пожарная техника. Огнетушители. Требования к выбору и эксплуатации.
58.	ТКП 304–2011 (02300) Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Общие положения. Порядок функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций
59.	ТКП 311–2011 (02300) Световая маскировка. Общие положения
60.	ТКП 316–2011 (02300) Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Организация и порядок проведения работ
61.	ТКП 334–2011 (02300) Приемка в эксплуатацию законченных строительством защитных сооружений Гражданской обороны

№ п/п	Нормативно-технический документ, печатное издание
62.	ТКП 340–2011 (02300) Установки пожаротушения автоматические. Системы пожарной сигнализации. Порядок разработки задания на проектирование
63.	ТКП 363–2011 (02300) Правила разработки проектов производства работ на монтаж пожарной автоматики
64.	ТКП 364–2011 (02300) Автоматические установки пожаротушения. Правила производства и приемки работ
65.	ТКП 365–2011 (02300) Системы пожарной сигнализации. Правила производства и приемки работ
66.	ТКП 368–2012 (02300) Организация планирования и порядок проведения временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы
67.	ТКП 369–2012 (02300) Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» в градостроительных проектах и проектной документации на строительство
68.	ТКП 474–2013 (02300) Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
69.	ТКП 475–2013 (02300) Применение средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, необходимых для эвакуации людей в случае возникновения пожара
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ	
70.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (25)-2009
71.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (26)-2009
72.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (27)-2010
73.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (28)-2010
74.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (29)-2011
75.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (30)-2011
76.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (31)-2012
77.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (32)-2012
78.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (33)-2013
79.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (34)-2013

