



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

ISSN 1681-7710



# Системи обробки інформації

Щоквартальне  
наукове видання

Випуск 2 (157)

Заснований  
у березні 1996 року

У збірнику відображено результати досліджень з розробки нових інформаційних технологій як для рішення традиційних задач збору, обробки та відображення даних, так і для побудови систем обробки інформації у різних проблемних галузях. Збірник призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, ад'юнктів, аспірантів, а також курсантів та студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

Засновник і видавець:

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

61023, м. Харків-23,  
вул. Сумська, 126,  
а/с 11800

Телефон:

+38 (057) 704-91-97

+38 (067) 998-02-70

E-mail редколегії:

red@hups.mil.gov.ua

red.hnups@gmail.com

Інформаційний сайт:

www.hups.mil.gov.ua

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ  
В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ



МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ



ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ



ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ  
ТА КІБЕРНЕТИЧНА БЕЗПЕКА



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ  
ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ



Харків • 2019

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

### **Головний редактор:**

Тимочко Олександр Іванович, доктор технічних наук професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

### **Заступник головного редактора:**

Сухаревський Олег Ілліч, доктор технічних наук професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

### **Члени редколегії:**

- Бараннік Володимир Вікторович, доктор технічних наук професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Варша Зігмунд Лех, кандидат технічних наук,  
Інститут промислових досліджень автоматики та вимірювань, Варшава, Польща;
- Василюк Віталій Олександрович, доктор технічних наук старший науковий співробітник,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Висоцька Олена Володимирівна, доктор технічних наук професор,  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Україна;
- Дробаха Григорій Андрійович, доктор військових наук професор,  
Національна академія Національної гвардії України, Україна;
- Кавун Сергій Віталійович, доктор економічних наук професор,  
Харківський технологічний університет "ШАГ", Україна;
- Калашніков Вячеслав, доктор фізико-математичних наук професор,  
Монтеррейський технологічний інститут, Мексика;
- Кульпа Христоф, доктор технічних наук професор,  
Варшавський політехнічний університет, Польща;
- Купченко Леонід Федорович, доктор технічних наук професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Кучук Георгій Анатолійович, доктор технічних наук професор,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Україна;
- Молодецька Катерина Валеріївна, доктор технічних наук доцент,  
Житомирський національний агроєкологічний університет, Україна;
- Оваїд Сальман Рашід, кандидат технічних наук,  
Коледж університету Аль Мареф, Рамаді, Ірак;
- Стасев Юрій Володимирович, доктор технічних наук професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Фрейлихер Валентин, доктор фізико-математичних наук професор,  
Університет ім. Бар-Ілана, Ізраїль;
- Худов Геннадій Володимирович, доктор технічних наук професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна;
- Шишацький Андрій Володимирович, кандидат технічних наук,  
Центральний науково-дослідний інститут ОВТ Збройних Сил України, Україна;
- Ярош Сергій Петрович, доктор військових наук професор,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

### **Відповідальний секретар:**

Зубрицький Григорій Миколайович, кандидат технічних наук доцент,  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна.

*Затверджений до друку вченою радою Харківського національного  
університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
(протокол від 28 травня 2019 року № 5)*

*Занесений до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися  
результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук"  
(технічні та військові науки), затверджено наказом Міністерства освіти і науки України  
від 29.12.2014 № 1528 (із змінами від 22.12.2016 № 1604)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
КВ № 22357 – 12257ПР від 30.09.2016 р.*

*Усі статті, що публікуються у журналі, проходять обов'язкове рецензування,  
яке здійснюється за анонімною формою як для авторів, так і для рецензентів (подвійне сліпе рецензування).  
Унікальність текстів публікацій перевіряється за допомогою системи пошуку ознак плагіату Unichack.  
За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.*



**Інформаційний сайт видання:** [www.hups.mil.gov.ua](http://www.hups.mil.gov.ua).

**Публічність та доступ:** Журнал зберігається у загальнодержавній базі даних Державної бібліотеки ім. Вернадського „Україніка наукова” та включено у довідник періодичних видань *Ulrich's Periodicals Directory (USA)*, міжнародний каталог журналів відкритого доступу *DOAJ*.

**Авторські права:** За авторами зберігаються усі авторські права та права на видання без обмежень. Журнал дозволяє користувачам: читати, завантажувати, копіювати, поширювати, друкувати та посилатися на повні тексти статей за умови зазначення авторства. Дозволяється повторне використання змісту журналу у відповідності з ліцензією *Creative Commons CC-BY*.

**Наукометричні показники:**

*ICV (Index Copernicus Value - 2017) = 81.99*



MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE  
IVAN KOZHEDUB KHARKIV NATIONAL  
AIR FORCE UNIVERSITY

ISSN 1681-7710



# Information Processing Systems

**Quarterly  
scientific publication**

**Issue 2 (157)**

**Founded in March, 1996**

The journal Information Processing Systems was founded in 1996 and became first information platform for Ukrainian specialists in the field of data-processing system. The objective of journal is to publish research finding on the development of new information technologies both for solving traditional problems such as harvesting, manipulating and presentation of data and for building data-processing system in different fields.

**Founder and publisher:**  
Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University

**Address:** a/c 11800,  
Sumska street 126,  
Kharkiv, 61023,  
Ukraine

**Phone:** +38 (057) 704-91-97  
+38 (067) 998-02-70

**E-mail:** red@hups.mil.gov.ua  
red.hnups@gmail.com

**Website:** www.hups.mil.gov.ua

**INFORMATION PROCESSING  
IN COMPLEX ORGANIZATIONAL SYSTEMS**



**MATHEMATICAL MODELS AND METHODS**



**INFOCOMMUNICATION SYSTEMS**



**INFORMATION TECHNOLOGIES  
AND CONTROL SYSTEMS**



**INFORMATION SECURITY  
AND CYBERSECURITY**



**INFORMATION TECHNOLOGIES  
IN EDUCATION**



**INFORMATION TECHNOLOGIES  
IN EMERGENCY PREVENTION AND MITIGATION**



Kharkiv • 2019

© Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, 2019

## EDITORIAL STAFF

### **Editor-in-Chief:**

Oleksandr Tymochko, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine.

### **Deputy Editor-in-Chief:**

Oleh Sukharevsky, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;

### **Editorial Board:**

- Volodymyr Barannik, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Zygmunt Lech Warsza, Candidate of Technical Sciences (PhD),  
Industrial Research Institute for Automation and Measurements PIAP, Warsaw, Poland;
- Vitalii Vasilets, Doctor of Technical Sciences Senior Scientific Researcher,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Olena Vysotska, Doctor of Technical Sciences Professor,  
National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Ukraine;
- Hryhorii Drobakha, Doctor of Military Sciences Professor,  
National Academy of the National Guard of Ukraine, Ukraine;
- Serhii Kavun, Doctor of Economic Sciences Associate Professor,  
Kharkiv University of Technology "STEP", Ukraine;
- Viacheslav Kalashnikov, Doctor of Physics and Mathematics Professor,  
Monterrey Institute of Technology and Higher Education, Mexico;
- Krzysztof Kulpa, Doctor of Sciences Professor,  
Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland;
- Leonid Kupchenko, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Heorhii Kuchuk, Doctor of Technical Sciences Professor,  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine;
- Kateryna Molodetska, Doctor of Technical Sciences Associate Professor,  
Zhytomyr National Agroecological University, Ukraine;
- Salman Rashid Owaid, Candidate of Technical Sciences (PhD),  
Al Maaref University College, Iraq;
- Yurii Stasiev, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Valentyn Freilikher, Doctor of Physics and Mathematics Professor,  
Bar-Ilan University, Ramat Gan, Israel;
- Hennadii Khudov, Doctor of Technical Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine;
- Andrii Shyshatskyi, Candidate of Technical Sciences (PhD),  
Central Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine;
- Serhii Yarosh, Doctor of Military Sciences Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine.

### **Executive Secretary:**

Hryhorii Zubrytskyi, Candidate of Technical Sciences (PhD) Associate Professor,  
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine.

*Academic Council of Ivan Kozhedub Kharkiv national Air Force University confirmed for printing  
(record № 5 dated May, 28, 2019)*

*Inscribed to the "List of Scientific Professional Publications of Ukraine, where results of final papers  
for the Doctor of Science degree and Doctor of Philosophy can be published" (Technical and Military Sciences),  
maintained by order of Ministry of Education and Science of Ukraine № 1528 dated December, 29, 2014  
(as amended № 1604 dated December, 22, 2016)*

*The State Registration Certificate of printed mass media  
KB № 22357 – 12257ПП dated October, 30, 2016*

*All the articles that are published in the journal must be peer reviewed.*

*It is conducted anonymous both for authors and reviewers (double blind peer review).*

*The uniqueness of the texts of publications is checked with using the Unicheck plagiarism signs search system.*

*The authors take responsibilities for the reliability of stated facts, quotations and other statements.*



**Website:** [www.hups.mil.gov.ua](http://www.hups.mil.gov.ua).

**Publicity and access:** The journal is stored in federal abstract database of Vernadsky National Library „Ukrayinika naukova” and included with periodical reference book Ulrich's Periodicals Directory (USA) and the Directory of Open Access Journals (DOAJ).

**Author's rights:** The authors retained all copyrights and publishing rights with no limited publications. The journal allows users: to read, download, copy, distribute, type and refer to the whole articles upon conditions of affiliation. Repeated recycling of journal contents is allowed according to Creative Commons CC-BY licence.

**Scientometrical indexes:**

ICV (Index Copernicus Value-2017) = 81,99

## З М І С Т

### ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

<i>Москаленко В.В., Фонта Н.Г., Ершова С.И., Афанас'єв О.В.</i> Метод побудови траєкторії розвитку підприємства для стратегічної цілі .....	7
--	---

### МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ

<i>Бринза Н.О., Гаврилова А.А.</i> Формування моделі оцінювання показників розвитку ІТ-галузі в регіонах України .....	13
<i>Гадецька С.В., Дубницький В.Ю., Лукін В.О., Ходирев О.І.</i> Використання закону Бенфорда (закону першої цифри, закону аномальних відхилень) під час проведення фінансового аудиту .....	22
<i>Гусарова І.Г., Соловійов О.М.</i> Застосування методу Бройдена при комп'ютерному моделюванні перехідних режимів течії газу .....	33
<i>Егорова И.Н., Антипенко К.Д.</i> О применении кривых Безье для улучшения CSS анимации.....	40
<i>Засядько А.А.</i> Символічні моделі фізичних процесів, що описуються інтегральним рівнянням Фредгольма першого роду .....	45
<i>Кулик І.А., Новгородцев А.И., Шевченко М.С.</i> Метод оценки границ применения сжатия на основе двоичных биномиальных чисел .....	57

### ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ

<i>Голян В.В., Кравченко О.К.</i> Порівняння моделей життєвих циклів програмного забезпечення з метою виявлення найефективнішого .....	63
<i>Савенко А.Г., Гавриленко А.С.</i> Распределение нагрузки при построении отчётов и запросов с большим объёмом данных ...	71
<i>Ушакова І.О.</i> Підходи до створення інтелектуальних чат-ботів.....	76

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

<i>Ганношина І.М., Дакі О.А.</i> Метод автоматизації процесу визначення маршруту судна при плануванні переходу.....	84
<i>Литвин Ю.О., Строкань О.В.</i> Система поливу ґрунту на платформі мікроконтролера Arduino .....	90

## C O N T E N T S

### INFORMATION PROCESSING IN COMPLEX ORGANIZATIONAL SYSTEMS

<i>Moskalenko V., Fonta N., Ershova S., Afanasyev O.</i> The method of constructing of a company development trajectory for the strategic goals achievement .....	7
--	---

### MATHEMATICAL MODELS AND METHODS

<i>Brynza N., Gavrilova A.</i> Forming of a model for assessing the indicators of the development of the IT sector in the regions of Ukraine.....	13
<i>Gadetska S., Dubnitskiy V., Lukin V., Khodyrev A.</i> Application of Benford's law (first-digit law, anomalous numbers law) in financial audit.....	22
<i>Husarova I., Solovj'ev O.</i> Using the Broyden method in computer modeling of transients.....	33
<i>Igorova I., Antipenko K.</i> Using Bezier curves for improving CSS animations.....	40
<i>Zasjadko A.</i> Symbolic models of physical processes described the Fredholm integral equation of the first kind.....	45
<i>Kulyk I., Novhorodtsev A., Shevchenko M.</i> Method for borders estimation of compression on basis of binary binomial numbers .....	57

### INFOCOMMUNICATION SYSTEMS

<i>Golian V., Kravchenko O.</i> Comparison of models of life cycle of software with the purpose of identifying the most effective .....	63
<i>Savenko A., Gavrilenko A.</i> Load distribution of big data request and reports .....	71
<i>Ushakova I.</i> Approaches to creating intelligent chatbots .....	76

### INFORMATION TECHNOLOGIES AND CONTROL SYSTEMS

<i>Gannoshina I., Daki O.</i> Method of automating the process determining the ship route when planning the transition.....	84
<i>Lytvyn Yu., Strokan O.</i> The system for irrigation of soil on the Arduino platform.....	90

<i>Сторчак В.С.</i> Формалізація правил отримання оцінок діяльності диспетчера управління повітряним рухом в процесі тренажерної підготовки.....	96	<i>Storchak V.</i> Formalization of rules of receipt of estimations of activity of air traffic controller in the process of trainer preparation.....	96
<b>ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ТА КІБЕРНЕТИЧНА БЕЗПЕКА</b>		<b>INFORMATION SECURITY AND CYBERSECURITY</b>	
<i>Борисенко О.А., Березна О.В., Новгородцев А.І., Сердюк В.В., Яковлев М.М.</i> Система передачі та відображення інформації із захистом числових даних.....	103	<i>Borisenko O., Berezhna O., Novgorodtsev A., Serdiuk V., Yakovlev M.</i> Information transmission and display system with protection of numerical data.....	103
<i>Гавриленко С.Ю.</i> Розробка шаблонів ідентифікації аномального стану комп'ютерної системи на основі контрольних карт (engl.).....	109	<i>Gavrilenko S.</i> Development of identification templates of anomalous computer systems status based on control charts.....	109
<i>Дудикевич В.Б., Микитин Г.В., Ребець А.І., Мельник М.В.</i> Безпроводні сенсорні мережі Zigbee, Wi-Fi та Bluetooth в кіберфізичних системах: концепція “об’єкт – загроза – захист” на основі моделі OSI.....	114	<i>Dudykevych V., Mykytyn G., Rebetz A., Melnyk M.</i> Wireless sensor networks Zigbee, Wi-Fi and Bluetooth in cyber-physical systems: the conception “object – threat – defence” on the basis of OSI model .....	114
<i>Сальник С.В., Сторчак А.С., Крамський А.Є.</i> Аналіз вразливостей та атак на державні інформаційні ресурси, що обробляються в інформаційно-телекомунікаційних системах.....	121	<i>Salnyk S., Storchak A., Kramskiy A.</i> Analysis of variability and attack on state information resources processed in information and telecommunication systems .....	121
<b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ</b>		<b>INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION</b>	
<i>Парфонов Ю.Е.</i> Управління даними користувачів веб-застосунку для комп'ютерного тестування навчальних досягнень студентів (engl.).....	129	<i>Parfonov Y.</i> Managing user data of the web application for computer-based testing academic performance of the students .....	129
<b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ</b>		<b>INFORMATION TECHNOLOGIES IN EMERGENCY PREVENTION AND MITIGATION</b>	
<i>Гришманов Є.О., Хижняк І.А., Бердник П.Г.</i> Оцінка ефективності застосування інформаційної технології автоматизованого прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті.....	134	<i>Gryshmanov E., Khizhnyak I., Berdnik P.</i> Estimation of the efficiency of the use of information technology of automated forecasting of adverse aviation events in a flight.....	134
<i>Єлазаров О.П., Масік І.П.</i> Синтез методу оцінки ступеня небезпеки ситуацій під час руху судна .....	140	<i>Yeliazarov O., Masik I.</i> Synthesis of the method of evaluation of danger of situations at the time of the driver's movement .....	140
<i>Придатко О.В., Смотр О.О., Мартин Є.В., Придатко В.В., Солотвінський І.В.</i> Оптимізація методів теорії масового обслуговування для вирішення прикладних завдань розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності .....	146	<i>Prydatko O., Smotr O., Martyn Ye., Prydatko V., Solotvynskiy I.</i> Optimization of methods of the theory of mass service for the decision of applied tasks of development of regional life safety systems .....	146
<i>Тимощук О.М.</i> Метод формалізації знань про оцінку обстановки судноводієм при виникненні небезпечної ситуації зближення (зіткнення) .....	154	<i>Tymoschuk O.</i> Method of formalization of knowledge about assessment of vessels in the case of the dangerous situation of appearance (conclusion).....	154
<b>Алфавітний покажчик .....</b>	<b>161</b>	<b>Alphabetical index .....</b>	<b>161</b>

О.В. Придатко<sup>1</sup>, О.О. Смотри<sup>1</sup>, Є.В. Мартин<sup>1</sup>, В.В. Придатко<sup>2</sup>, І.В. Солотвінський<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів

<sup>2</sup> Вінницьке професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Вінниця

## ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАВДАНЬ РОЗВИТКУ РЕГІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

*Проведено аналіз наукових досягнень в галузі розроблення систем підтримки прийняття рішень регіонального розвитку, у тому числі регіональних систем безпеки життєдіяльності. Встановлено, що існуючі методи визначення параметрів функціонування регіональних систем безпеки життєдіяльності не володіють ознаками системного підходу та не враховують вплив одних параметрів функціонування системи на її інші складові. В основній частині роботи за результатами аналізу понятійної бази теорії масового обслуговування проведено оптимізацію статистичних методів визначення основних показників функціонування мереж масового обслуговування для їх застосування в процесі розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності. За результатами оптимізаційних процесів побудовано модель вирішення декларованих завдань та проведено її апробацію. Апробаційні результати підтвердили доцільність застосування оптимізованих методів теорії масового обслуговування для підтримки прийняття управлінських рішень в процесі розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності.*

**Ключові слова:** система масового обслуговування, регіон, рятувальні формування, системний підхід.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним із актуальних питань підтримки належного рівня безпеки громадян на регіональному рівні є забезпечення сталого розвитку системи безпеки життєдіяльності (БЖД), ключовим моментом функціонування якої є запобігання виникненню надзвичайних ситуацій (НС) та захист населення від їх прояву і наслідків. Процеси регіонального розвитку систем БЖД володіють значним ступенем складності та невизначеності, що вимагає розроблення інноваційних механізмів підтримки прийняття управлінських рішень. У відповідності до вимог сьогодення, розвиток регіональних систем БЖД передбачає створення нових або модернізацію існуючих рятувальних підрозділів (команд, дружин). Такі передумови передбачені низкою законодавчих актів [1–2], де описано механізми функціонування та реформування існуючої системи захисту населення від НС на добровільній та професійній основах. Основна суть декларованого підходу полягає у досягненні заздалегідь визначених етапів реформування та дотриманні чітких структур кінцевого результату. За результатами аналізу поданих механізмів встановлено відсутність в їх основі принципів системного підходу. До прикладу, застосування пропонованої методики не дозволяє визначити структуру рятувальної команди залежно від особливостей досліджуваного регіону (наявності потенційно-небезпечних об'єктів, висотних будівель тощо), а також не враховує характеристики та вплив однієї компоненти системи на її інші складові. Ана-

лізуючи стан питання виникає необхідність розроблення моделі розвитку регіональних систем БЖД на основі науково-обґрунтованих засад, що дозволить системно оцінювати характеристики основних компонент досліджуваної системи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Наукові концепції управління змінами в складних організаційно-технічних системах регіонального рівня можна знайти в ряді робіт з проектного менеджменту [3–5], де авторами вирішується низка прикладних завдань щодо розроблення методів проектно-орієнтованого управління діючими системами забезпечення БЖД за умови мінливого середовища.

Системний підхід до визначення порядку функціонування Державної прикордонної служби в умовах особливого періоду застосовано в науковій праці [6], де проведено аналіз, систематизацію та ранжування факторів функціонування в їх сукупності та взаємозв'язку мінливого середовища. Системний підхід до оцінки факторів дозволив отримати ґрунтовні підстави для розробки системи підтримки прийняття управлінських рішень.

В роботі [7] вирішено проблему моделювання процесів функціонування складних багатоструктурних систем військового призначення з метою відображення об'єктивної та точної інформації про систему-оригінал. Застосування підходу експертного оцінювання в системах підтримки прийняття рішень на прикладі кадрового забезпечення представлено в роботі [8]. Як декларують автори, запропоновані підходи дозволяють побудувати ефективні методи

кадрового заміщення на основі системного підходу до оцінки службової діяльності. Питання експертного оцінювання в прийнятті управлінських рішень розглянуто і в праці [9], де авторами декларується можливість використання методу “Делфі” для підготовки та прийняття виважених рішень.

Зустрічаються також наукові праці, які заперечують можливість використання експертного оцінювання в методах та моделях прийняття рішень. Зокрема в науковій праці [10] авторами на основі реальних прикладів “теорії виборів” доведені сумнівні перспективи застосування технології експертного оцінювання у прийнятті важливих рішень в умовах невизначеності. Поставлено під сумнів ефективність понять “думка більшості” та “громадська думка” в умовах динамічності, адже думка експертів про елементи невизначеного середовища може породжувати нову невизначеність.

В наукових працях [11–14] виконано теоретичне узагальнення та вирішено науково-прикладну задачу підвищення якості управління процесами розвитку систем пожежогасіння на регіональному рівні завдяки розробленню системно-ціннісних засад, інформаційних моделей, методів і засобів, що формують інструментарій управління інформаційними потоками. Авторами розроблено сервісну модель, яка надає можливість моделювати місця дислокації рятувальних підрозділів на регіональному рівні. Проте наукові твердження щодо визначення структури новостворених рятувальних формувань (кількість рятувальної техніки) базуються на співставленні рівня пожежної незахищеності та організаційного варіанту рятувального підрозділу відповідно до Порядку функціонування добровільної пожежної охорони (Постанова Кабінету міністрів України №564 від 17.07.2013 р.). А структура пожежних дружин (команд) відповідно до цієї Постанови є сталою і не дає можливості диференційованого підходу до визначення структури рятувальних формувань залежно від особливостей досліджуваного регіону.

**Мета статті** – оптимізація та адаптація методів теорії масового обслуговування до оцінки показників функціонування регіональних систем безпеки життєдіяльності в процесі їх розвитку та побудова на їх основі моделі визначення оптимального показника рятувальної техніки для досліджуваного регіону.

### **Виклад основного матеріалу**

Зважаючи на описану в преамбулі проблему системного підходу до оцінки показників функціонування регіональних систем БЖД, а також на те, що наукові твердження або вирішують проблему системного підходу розвитку організаційно-технічних систем у інших галузях економіки, або вирішують прикладні проблеми регіонального розвитку, нівелюючи поняття системності, виникає необхід-

ність щодо вивчення питання адаптації методів системного аналізу до процесів розвитку систем безпеки життєдіяльності. З огляду на те, що означений процес є доволі трудомістким, розроблення наукових підходів його вирішення слід проводити поетапно.

В попередніх роботах [15–16] розглядався варіант диференційованого підходу до визначення структури рятувальної команди та її оснащення в залежності від особливостей регіону. Зважаючи на отриманий попередній результат розроблено інформаційну систему управління розвитком регіональних систем безпеки життєдіяльності, яка відображає зв'язки між потоком вхідних даних та методами їх обробки з метою підтримки прийняття рішень щодо кількості, місць розташування, структури та оснащення рятувальних команд досліджуваного регіону. Функції, якими наділена система, мають забезпечувати підтримку прийняття управлінських рішень щодо планування заходів з реформування регіональних систем безпеки життєдіяльності. Масив даних, які є вхідними значеннями для проведення розрахунків та прийняття відповідних рішень, можна розділити на дві категорії: показники, які дозволятимуть охарактеризувати оптимальні місця дислокації рятувальних команд; показники, які дозволятимуть охарактеризувати оптимальну структуру рятувальної команди.

Проте на даному етапі досліджень реалізовано лише структуру інформаційної системи, яка визначає послідовність обробки вхідних даних. Інформаційна система не містить методів та процедур оброблення даних та одержання результату оптимальної чисельності, місць дислокації та структури рятувальних команд. Саме тому основним завданням роботи є розширення попередніх досліджень та доповнення їх методами визначення нормативної чисельності рятувальної техніки в процесі розвитку регіональних систем БЖД.

Проведений наліз надав підстави для пошуку методів, що дозволятимуть визначити оптимальну кількість рятувальної техніки для проєктованих рятувальних команд об'єднаних територіальних громад. Визначення оптимальної кількості рятувальної техніки запропоновано здійснювати на основі нормативів на її затребуваність. В якості вихідних даних виступає кількість викликів рятувальних підрозділів за одиницю часу (необхідність залучення рятувальної техніки).

Теорія масового обслуговування є чудовим інструментарієм для ефективного аналізу системи. Проте, не зважаючи на високу популярність методів означеної теорії, не зустрічається жодного випадку її застосування в прикладних дослідженнях регіонального розвитку. Саме тому, далі в роботі розглянемо адаптаційні процеси методів теорії масового обслуговування для визначення оптимальної чисель-



ності рятувальної техніки, що націлено на наповнення бази знань інформаційної системи розвитку регіональних систем БЖД [15–16].

Пропонована методика має два варіанти застосування. В першому варіанті кількість викликів рятувальних підрозділів, а відтак і необхідної рятувальної техніки розглядається як багатоканальна система масового обслуговування з необмеженою чергою. При надходженні одночасно декількох викликів рятувальна техніка залучається для реагування на них до тих пір, поки кількість викликів не перевищуватиме кількість наявної техніки в підрозділах досліджуваного регіону. В такому випадку усі решта викликів формують чергу.

В другому варіанті розглянемо випадок більше наближений до реального стану функціонування регіональних систем БЖД. Це випадок, якщо аналізована система має лише один канал обслуговування. В такому випадку, за підвищеної інтенсивності поступлення викликів (замовлень до системи), можуть виникати відмови у обслуговуванні, що є неприпустимим для рятувальної сфери.

Провівши низку оптимізаційних процесів, нами отримано модель визначення показника оптимальної чисельності рятувальної техніки, в основі якої закладено сукупність методів математичної статистики та теорії масового обслуговування. Пропонована методика передбачає виконання 13 етапів. Проведемо коротку характеристику означених етапів:

1. Визначення фактичної кількості каналів обслуговування  $N_k$ :

$$N_k = N_e, \quad (1)$$

де  $N_e$  – це фактична кількість рятувальних відділень в усіх підрозділах досліджуваного регіону.

Кількість каналів обслуговування приймається рівною кількості рятувальних відділень в усіх існуючих підрозділах досліджуваного регіону (рис. 1). В такому випадку за умови поступлення виклику (замовлення) для його виконання буде задіяно один канал обслуговування, тобто одне рятувальне відділення або одна одиниця рятувальної техніки (ці поняття тотожні).

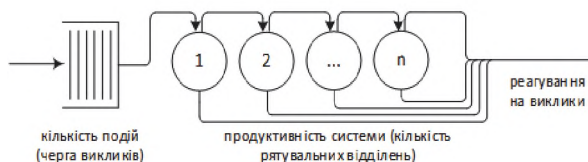


Рис. 1. Схема функціонування багатоканальної системи за умови поступлення викликів

2. Визначення густини потоку замовлень на виконання  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{1}{M(\tau_s)}, \quad (2)$$

де  $M(\tau_s)$  – середній інтервал часу між поступленням викликів на НС.

3. Визначення інтенсивності виконання замовлень в межах одного каналу обслуговування (рятувального відділення)  $\mu$ :

$$\mu = \frac{1}{M(\tau_p)}, \quad (3)$$

де  $M(\tau_p)$  – середня тривалість часу ліквідації НС (обслуговування замовлення).

4. Встановлення зведеної густини виконання замовлень  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (4)$$

5. Визначення ймовірності того, що усі канали системи вільні (жодне рятувальне відділення не задіяне для виконання завдань за призначенням)  $P_0$ :

$$P_0 = \left( 1 + \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \right)^{-1}, \quad (5)$$

де  $k$  – кількість рятувальних відділень досліджуваного регіону (каналів системи).

6. Визначення ймовірності того, що кількість рятувальних відділень  $k$  задіяні для виконання завдань за призначенням (відображає ймовірнісний показник затребуваності рятувальної техніки у досліджуваному регіоні)  $P_k$ :

$$P_k = \frac{\alpha^k}{k!} \cdot P_0, \quad (k = 1, \dots, n). \quad (6)$$

7. Перевірка поточних результатів розрахунку ймовірностей:

$$\sum_{k=0}^n P_k = P_0 + P_1 + \dots + P_n \approx 1, 0. \quad (7)$$

8. Визначення тривалості простою системи за одиницю часу  $t_{np}$ :

$$t_{np} = P_0 \cdot t_p, \quad (8)$$

де  $t_p$  – тривалість робочого часу (в нашому випадку режим цілодобового чергування).

9. Визначення ймовірності виникнення відмови у прийнятті замовлення  $P_{від}$ , що описує факт одночасного залучення усіх рятувальних відділень досліджуваного регіону. Під цим параметром слід розуміти, що виклики, за якими мали б залучатись підрозділи досліджуваного регіону, не застають вільних каналів для обслуговування:

$$P_{від} = P_{k(\max)}. \quad (9)$$

За умови відсутності вільних рятувальних відділень під час поступлення чергового замовлення до системи виникає необхідність до залучення додаткових каналів обслуговування (рятувальних відділень) з інших регіонів, що зумовлює збільшення часу прибуття підрозділів на місце виникнення НС.

10. Розрахунок відносної пропускну здатності досліджуваної системи масового обслуговування  $q$ :

$$q = 1 - P_{від}, \quad (10)$$

де  $P_{від}$  – ймовірності відмови у прийнятті замовлення на обслуговування.

11. Визначення дійсної  $Q$  та номінальної  $Q_H$  продуктивностей (пропускної здатності) системи масового обслуговування:

$$Q = \lambda \cdot q \cdot t_p, \quad (11)$$

$$Q_H = \mu \cdot k \cdot t_p. \quad (12)$$

12. Основною статистичною характеристикою роботи системи масового обслуговування є визначення математичного сподівання кількості замовлень, які одночасно перебувають на обслуговуванні  $M(k)$ :

$$M(k) = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k = P_1 + 2 \cdot P_2 + \dots + n \cdot P_n, \quad (13)$$

де  $k$  – номер каналу обслуговування;

$P_k$  – ймовірність того, що задіяні  $k$  канали системи.

Цей пункт пропонуваної моделі є ключовим, адже на основі розрахунку максимальної кількості замовлень, що можуть бути одночасно обслуговані системою, і слід приймати рішення щодо збільшення або зменшення кількості рятувальних відділень, а відтак і одиниць рятувальної техніки (зміни фактичної кількості каналів обслуговування).

13. Визначення ймовірності утворення умовної черги на виконання замовлень  $P_{чер}$  необхідно проводити на основі значень зведеної густини потоку замовлень та ймовірності того, що усі канали обслуговування вільні:

$$P_{чер} = \alpha^2 \cdot P_0. \quad (14)$$

Звичайно поняття черги для досліджуваного випадку є неприпустимим показником, тому ймовірність її утворення визначають для загальної характеристики системи. У разі виникнення черги на виконання замовлень в реальній системі залучаються рятувальні відділення суміжних із досліджуваним районів.

На підставі проведених розрахунків приймається рішення щодо необхідності розширення каналів обслуговування для задоволення усіх потреб системи. Якщо ймовірність утворення черги близька до нуля, то необхідності модернізації існуючої системи немає, та навпаки. За умови збільшення необхідної кількості каналів обслуговування потрібно визначити параметри роботи модернізованої системи шляхом проведення повторного розрахунку. У випадку одержання оптимальних результатів перевірочних розрахунків, кількість каналів обслуговування рекомендовано збільшувати на те значення, яке було закладено для їх проведення.

З метою узагальнення декларованих методів для оцінки показника оптимальної чисельності рятувальної техніки розроблено алгоритм застосування теорії масового обслуговування та написано програму з використанням мови програмування Java. Така практична реалізація декларованої моделі дозволяє наповнювати базу знань інформаційної системи розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності [15].

Далі розглянемо варіант дослідження регіональної системи безпеки життєдіяльності як одноканальної системи масового обслуговування, тобто в досліджуваному регіоні на балансі рятувальних підрозділів знаходиться лише одне рятувальне відділення. Схема такої системи має вигляд графу станів, інтенсивності виконання замовлень яких не залежать від кількості каналів обслуговування. Для регіональних систем безпеки життєдіяльності ця схема є однією із найбільш розповсюджених. В такому випадку, за підвищеної інтенсивності поступлення замовлень, можуть виникати відмови в обслуговуванні, що на практиці стимулює до залучення підрозділів сусідніх регіонів, а в теорії масового обслуговування – застосування додаткових систем масового обслуговування (рис. 2).

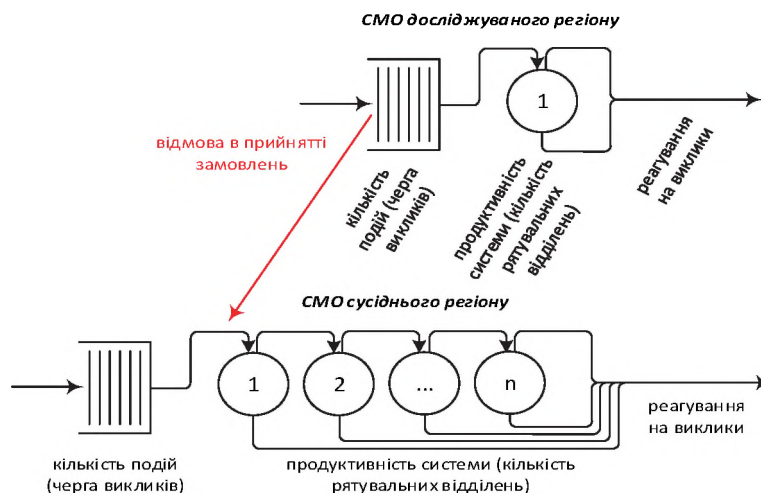


Рис. 2. Схема функціонування одноканальної системи за умови поступлення надмірної кількості викликів

В ході застосування подібної моделі необхідно визначити такі показники функціонування системи:

1. Аналогічно попередньому випадку розрахунок розпочинається із визначення густини вхідного потоку  $\lambda$ , інтенсивності виконання замовлень  $\mu$  та зведеної густини виконання замовлень  $\alpha$  (вирази (1–3) відповідно).

2. Визначення ймовірності перебування системи (каналу обслуговування) у не завантаженому стані (відсутність викликів на НС)  $P_0$ :

$$P_0 = \frac{1-\alpha}{1-\alpha^{(f+2)}}, \quad (15)$$

де  $\alpha$  – зведена густина потоку замовлень;

$f$  – кількість місць у черзі (за наявності).

3. Визначення тривалості роботи (використання) системи  $t_e$ :

$$t_e = (1-P_0) \cdot t_p, \quad (16)$$

де  $t_p$  – тривалість робочого часу (в нашому випадку режим цілодобового чергування).

4. Визначення тривалості простою системи без роботи  $t_{np}$ :

$$t_{np} = t_p - t_e, \quad (17)$$

де  $t_e$  – тривалість використання системи (каналу обслуговування).

5. Визначення коефіцієнту використання робочого часу системи  $C_t$ :

$$C_t = \frac{t_e}{t_p}. \quad (18)$$

6. Визначення ймовірності утворення черги замовлень (викликів на НС) та загальна тривалість її існування протягом зміни  $P_{чер}$ ,  $t_{чер}$ :

$$P_{чер} = \alpha^2 \cdot P_0, \quad (19)$$

$$t_{чер} = P_{чер} \cdot t_p. \quad (20)$$

7. Визначення ймовірності відмови у виконанні замовлень з причин наявності черги (занадто великої черги)  $P_{від}$ :

$$P_{від} = \frac{\alpha^{(f+1)} \cdot (1-\alpha)}{1-\alpha^{(f+2)}}. \quad (21)$$

8. Визначення відносної пропускної здатності системи  $q$ , дійсної  $Q$  та номінальної  $Q_H$  продуктивностей необхідно проводити аналогічно випадку із багатоканальною системою.

9. Визначення середньої довжини черги замовлень  $M(r)$  та середньої тривалості очікування в черзі  $M(t_{чер})$ :

$$M(r) = \frac{\alpha^2 \cdot [1 - \alpha^f \cdot (f+1 - f \cdot \alpha)]}{(1-\alpha^{(f+2)}) \cdot (1-\alpha)}, \quad (22)$$

$$M(t_{чер}) = M(r) \cdot \lambda^{-1}. \quad (23)$$

Аналогічно попередньому варіанту, на підставі проведених розрахунків приймають рішення про

необхідність збільшення каналів обслуговування. В разі прийняття рішення про збільшення каналів обслуговування, контрольні розрахунки показників функціонування модернізованої системи необхідно проводити за першою моделлю.

З метою апробації запропонованої методики розглянемо приклад її застосування в процесі визначення оптимальної кількості рятувальної техніки для Славської об'єднаної територіальної громади (Львівська область, Україна). В зазначеному регіоні функціонує 2 рятувальних підрозділи із наявністю на добовому чергуванні 2 відділень (рятувальної техніки) у селищі Славсько та місті Сколе. Основними вихідними даними для застосування оптимізованого методу системного аналізу є кількість каналів обслуговування (2 канали), густина потоку замовлень (5 зам./добу) та інтенсивність виконання замовлень (4 зам./добу). Провівши розрахунки у відповідності до запропонованого алгоритму, встановлено, що ймовірність утворення черги замовлень в аналізованій системі становить 56 %. Цей випадок говорить про те, що в результаті експлуатації системи без подальшого розвитку можливі ускладнені випадки, пов'язані із необхідністю залучення підрозділів сусідніх регіонів (районів), що збільшує час на їх прибуття до місця виклику, а отже і збільшує коефіцієнт безпеки населення. Зважаючи на отримані результати, проведено розрахунок функціонування системи після її умовної модернізації (збільшення каналів обслуговування), що вказало на зменшення ймовірності утворення черги на виконання замовлень до 45 %. Проведені розрахунки не є остаточними для внесення рекомендацій щодо реструктуризації регіональної системи безпеки життєдіяльності, адже не враховано пожежну та техногенну навантаження регіону. Також поза увагою залишається економічна та соціальна складова регіону. Представлені результати розрахунків лише показують дієвість адаптованого методу теорії масового обслуговування та мають застосовуватись системно, як один із методів підтримки прийняття рішень щодо розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності.

## Висновки

1. За результатами аналізу наукових досягнень з галузі встановлено, що існуючі методи визначення параметрів функціонування рятувальних команд регіональних систем безпеки життєдіяльності не володіють ознаками системного підходу, не дають можливості диференційованого підходу до встановлення оптимальної кількості та різновиду рятувальної техніки та не враховують вплив одних параметрів функціонування системи на її інші складові, що стимулює до оптимізації існуючих методів теорії масового обслуговування та обробки даних для розроблення системи підтримки прийняття управлінських рішень.

2. В результаті аналізу понятійної бази теорії масового обслуговування та статистичних методів визначення основних показників функціонування мереж масового обслуговування встановлено можливість її застосування з метою визначення показника оптимальної чисельності рятувальної техніки для підтримки прийняття управлінських рішень в процесі розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності.

3. Шляхом апробації розробленого алгоритму та прикладної програми щодо визначення показника

оптимальної чисельності рятувальної техніки, побудованих на основі методів теорії масового обслуговування, підтверджено доцільність її застосування для підтримки прийняття рішень в процесі розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності.

Вказуються відомості про достовірність та новизну результатів, що отримані у процесі проведення наукового дослідження, на основі яких встановлені нові теоретичні підходи, закономірності та визначені шляхи їх застосування для конкретних практичних потреб.

## Список літератури

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України “Про схвалення Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій №61-р від 25.01.2017 р.” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/61-2017-%D1%80>.

2. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку функціонування добровільної пожежної охорони № 564 від 17.07.2013 р.” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/564-2013-%D0%BF>.

3. Хмель П. Комп’ютерне моделювання процесів проектно-орієнтованого управління дуальними системами / П. Хмель, С.В. Мартин, С.С. Ляковська // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2016. – № 14. – С. 61-68.

4. Зачко О.Б. Моделі та методи безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем: методологічний підхід / О.Б. Зачко, І.Г. Зачко // Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2016. – Вип. 2. – С. 86-90.

5. Безпеко-орієнтоване управління регіональними проектами захисту критичних інфраструктур засобами системи 112 / Ю.П. Рак, О.Б. Зачко, Д.С. Кобилкін, Р.Р. Головатий // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2016. – № 1(57). – С. 49-55.

6. Івашков Ю.Б. Аналіз факторів, які визначають порядок функціонування Державної прикордонної служби України в умовах особливого періоду / Ю.Б. Івашков, В.В. Залож // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – Вип. 1(50). – С. 42-47.

7. Принципи, методи і технології моделювання і дослідження процесів функціонування складних багатоструктурних систем військового призначення і управління їх структурною динамікою / Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, Ю.Ф. Кучеренко, А.М. Ткачов, Є.В. Шубін // Системи обробки інформації. – 2019. – № 1(156). – С. 64-73. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.156.09>.

8. Козлов Ю.В. Метод побудови ранжированих списків кандидатів на заміщення посад для прийняття кадрових рішень / Ю.В. Козлов, О.О. Новикова // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2018. – Вип. 1(55). – С. 111-115. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.55.15>.

9. Експертні оцінки. Метод “Делфі” як технологія прийняття управлінських рішень / А.І. Куртов, О.В. Полікашин, А.І. Потіхенський, В.М. Александров // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 1(50). – С. 118-122.

10. Гащук Л.П. Прийняття рішень в умовах невизначеності та технологія експертних оцінок / Л.П. Гащук, П.М. Гащук // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2017. – № 16. – С. 6-26.

11. Shcherbachenko O. Organizational and technological backgrounds of project configuration management for firefighting / O. Shcherbachenko // ТЕКА an international quarterly journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering. – 2017. – № 3(17). – С. 49-53.

12. Tryguba A. Scientific and methodological grounds for investigating the connections in fire extinguishing systems of the united territorial communities / A. Tryguba, R. Ratushny, O. Shcherbachenko // *Przedsiębiorczość i zarządzanie: Bezpieczeństwo zintegrowane współczesnej Polski*. – Warszawa, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk, Tom XIX, Zeszyt 2, Część 3. – 2018. – ss. 153-166.

13. Щербаченко О.М. Обґрунтування сценаріїв розвитку систем пожежогасіння об’єднаних територіальних громад / О.М. Щербаченко // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2018. – № 17. – С. 14-22.

14. System approach to the investigation of the projects of the fire-fighting systems’ functioning and development of the united territorial communities / A. Tryguba, R. Ratushny, O. Shcherbachenko, O. Bashynsky // ТЕКА an international quarterly journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering. – 2018. – Vol. 18, № 1. – С. 5-12.

15. Informational System of Project Management in the Areas of Regional Security Systems’ Development / O. Prydatko, O. Smotr, Yu. Borzov, I. Solotvynskyi, O. Didyk // 2018 IEEE Second Conference on Data Stream Mining & Processing. – 2018. – № 2. – С. 187-192.

16. Модель портфельного управління проектами розвитку регіональних систем безпеки життєдіяльності / О.В. Придатко, І.В. Солотвінський, І.Я. Кокотко, М.Я. Івановський // Управління розвитком складних систем. – 2018. – № 36. – С. 42-50.

## References

1. The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2017), “*Strategiia reformuvannia systemy derzhavnoi sluzhby Ukrainy z nadzvychainykh sytuatsii*” [Strategy of reforming the system of the State Service of Ukraine for Emergency Situations], available at: [www.zakon5.rada.gov.ua/laws/show/61-2017-%D1%80](http://www.zakon5.rada.gov.ua/laws/show/61-2017-%D1%80).
2. The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2013), “*Poriadok funktsionuvannia dobrovolnoi pozhezhnoi okhorony*” [The order of functioning of voluntary fire protection], available at: [www.zakon2.rada.gov.ua/laws/show/564-2013-%D0%BF](http://www.zakon2.rada.gov.ua/laws/show/564-2013-%D0%BF).
3. Khmel, P., Martyn, Ye. and Liaskovska, S. (2016), “Kompiuterne modeliuvania protsesiv proektno-orientovanogo upravlinnia dualnyimi systemamy” [Computer simulation process project-oriented management of dual system], *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, No. 14, pp. 61-68.
4. Zachko, O. and Zachko, I. (2016), “Modeli ta metody bezpeko-orientovanogo upravlinnia proektamy rozvytku skladnykh system: metodologichniy pidhid” [Models and methods of safety-oriented project management of development of complex systems: methodological approach], *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Strategic management, portfolio, program and project management*, No. 2 (1174), pp. 86-90.
5. Rak, Yu., Zachko, O., Kobylkin, D. and Holovatyi, R. (2016), “Bezpeko-orientovane upravlinnia regionalnymy proektamy zakhystu krytychnykh infrastruktur zasobamy systemy 112” [Safety-oriented management of regional projects of critical infrastructures defence by means of the system 112], *Project management and development of production*, No. 1(57), pp. 49-55.
6. Ivashkov, Yu. and Zalozh, V. (2017), “Analiz faktoriv, yaki vyznachaiut poriadok funktsionuvannia Derzhavnoi prykordomnoi sluzhby Ukrainy v umovakh osoblyvogo periodu” [Analysis of factors of identification procedures of the functioning of the state border office of Ukraine in the conditions of the special period], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 1(50), pp. 42-47.
7. Hryb, D.A., Demidov, B.O., Kucherenko, Yu.F., Tkachov, A.M. and Shubin, Ye.V. (2019), “Pryntsypy, metody i tekhnologii modeliuvania i doslidzhennia protsesiv funktsionuvannia skladnykh bahatostrukturnykh system viiskovoho pryznachennia i upravlinnia yikh strukturnoiu dynamikoiu” [Principles, methods and technologies of modeling and research processes of functioning complicated systems of military purposes and management of structure dynamics], *Information Processing Systems*, No. 1(156), pp. 64-73. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.156.09>.
8. Kozlov, Yu. and Novykova, O. (2018), “Metod pobudovy ranzhyruvanykh spyskiv kandydativ na zamishchenia posad dlia pryiniattia kadrovykh rishen” [The method of constructing ranked lists of candidates to fill positions for making personnel decisions], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 1(55), pp. 111-115. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.55.15>.
9. Kurtov, A.I., Polikashyn, O.V., Potikhenskyi, A.I. and Aleksandrov, V.M. (2017), “Ekspertni otsinky. Metod “Delfi” yak tekhnologii pryiniattia upravlinnykh rishen” [Expert estimations. The method of “Delfi” as the technology of managerial decision-making], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 1(50), pp. 118-122.
10. Yashchuk, L. and Hashchuk, P. (2017), “Pryiniattia rishen v umovakh nevyznachenosti ta tekhnologiiia ekspertnykh otsinok” [Decision-making in the conditions of vagueness and technology of expert estimations], *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, No. 16, pp. 6-26.
11. Shcherbachenko, O. (2017), Organizational and technological backgrounds of project configuration management for firefighting, *TEKA an international quarterly journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering*, Vol. 17, No. 3, pp. 49-53.
12. Tryguba, A., Ratushny, R. and Shcherbachenko, O. (2018), Scientific and methodological grounds for investigating the connections in fire extinguishing systems of the united territorial communities, *Entrepreneurship and management: Integrated security of contemporary Poland*, Vol. 19, No. 3, pp. 153-166.
13. Shcherbachenko, O. (2018), “Obgruntuvannia stsenariiv rozvytku system pozhezhogasinnia obiednanykh terytorialnykh gromad” [Establishing scenarios of fire extinguishing systems development in united territorial communities], *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, No. 17, pp. 14-22.
14. Tryguba, A., Ratushny, R., Shcherbachenko, O. and Bashynsky, O. (2018), System approach to the investigation of the projects of the fire-fighting systems’ functioning and development of the united territorial communities, *TEKA an international quarterly journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering*, Vol. 18, No. 1, pp. 5-12.
15. Prydatko, O., Smotr, O., Borzov, Yu., Solotvinskyi, I. and Didyk, O. (2018), Informational System of Project Management in the Areas of Regional Security Systems’ Development, *IEEE Second Conference on Data Stream Mining & Processing*, No. 2, pp. 187-192.
16. Prydatko, O., Solotvinskyi, I., Kokotko, I. and Ivanovskiy, M. (2018), “Model portfelnoho upravlinnia proektamy rozvytku regionalnykh system bezpeki zhyttiedialnosti” [Model of portfolio management by development projects of regional life safety systems], *Management of Development of Complex Systems*, No. 36, pp. 42-50.

Надійшла до редколегії 17.04.2019

Схвалена до друку 21.05.2019

**Відомості про авторів:**

**Придатко Олександр Володимирович**

кандидат технічних наук  
заступник начальника кафедри Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності,  
Львів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-0719-9118>

**Смотр Ольга Олексіївна**

кандидат технічних наук  
доцент кафедри Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності,  
Львів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-2767-5019>

**Мартин Євген Володимирович**

доктор технічних наук професор  
завідувач кафедри Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності,  
Львів, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-7134-0518>

**Придатко Валентин Володимирович**

начальник циклу Вінницького професійного училища  
Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності,  
Вінниця, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-6964-5929>

**Солотвінський Іван Васильович**

фахівець відділу інформаційних технологій  
та технічних засобів навчання Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності,  
Львів, Україна  
[https:// orcid.org/0000-0002-2327-4851](https://orcid.org/0000-0002-2327-4851)

**Information about the authors:**

**Oleksandr Prydatko**

Candidate of Technical Sciences  
Deputy Head of the Department  
of Lviv State University of Life Safety,  
Lviv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-0719-9118>

**Olga Smotr**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Lecturer of the Department  
of Lviv State University of Life Safety,  
Lviv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2767-5019>

**Yevgen Martyn**

Doctor of Technical Sciences Professor  
Head of Department  
of Lviv State University of Life Safety,  
Lviv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-7134-0518>

**Valentyn Prydatko**

Head of Department  
of Higher Vocational School  
of Lviv State University of Life Sciences,  
Vinnytsya, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6964-5929>

**Ivan Solotvynskyi**

Specialist of Department of Information Technologies  
and Technical Means of Training  
Lviv State University of Life Safety,  
Lviv, Ukraine  
<https:// orcid.org/0000-0002-2327-4851>

**ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

А.В. Прыдатко, О.А. Смотр, Е.В. Мартын, В.В. Прыдатко, И.В. Солотвинский

*Проведен анализ научных достижений в области разработки систем поддержки принятия решений регионально-го развития, в том числе региональных систем безопасности жизнедеятельности. Установлено, что существующие методы определения параметров функционирования региональных систем безопасности жизнедеятельности не обла-дают признаками системного подхода и не учитывают влияние одних параметров функционирования системы на ее другие составляющие. В основной части работы по результатам анализа понятийной базы теории массового обслу-живания проведена оптимизация статистических методов определения основных показателей функционирования се-тей массового обслуживания для их применения в процессе развития региональных систем безопасности жизнедеятельности. По результатам оптимизационных процессов построена модель решения декларируемых задач и проведена ее апробация. Апробационные результаты подтвердили целесообразность применения оптимизированных методов тео-рии массового обслуживания для поддержки принятия управленческих решений в процессе развития региональных сис-тем безопасности жизнедеятельности.*

**Ключевые слова:** система массового обслуживания, регион, спасательные формирования, системный подход.

**OPTIMIZATION OF METHODS OF THE THEORY OF MASS SERVICE FOR THE DECISION OF APPLIED TASKS OF DEVELOPMENT OF REGIONAL LIFE SAFETY SYSTEMS**

O. Prydatko, O. Smotr, Ye. Martyn, V. Prydatko, I. Solotvynskyi

*The processes of regional development of life safety systems have a significant degree of complexity and uncertainty, which requires the development of effective innovative mechanisms. One of the topical issues of ensuring an adequate level of citizens' security at the regional level is the development of effective management mechanisms based on decision support systems. In accordance with existing strategies, the development of regional life safety systems is foreseen through the creation of new or modernization of existing units (teams, wives) of good fire protection. Taking this into account at the Lviv State University of Life Safety conducted a series of studies to solve the aforementioned problems. Based on the results of scientific analysis of achievements in the field, it has been established, that existing methods for determining the optimal number, locations and structure of rescue teams of regional life safety systems does not allow for a differentiated approach to establish the optimal number and type of rescue equipment, depending on the features of the region that stimulates optimization of existing methods of analysis and data processing in order to support the adoption of effective decisions. An analysis of the conceptual framework of queuing theory and method s definition of the basic parameters of the networks queuing The possibility of its use in determination of the optimal number of rescue equipment to support decision-making in the development of regional systems for life safety. By approbation of the algorithm for determination of the indicator of the optimal number of rescue equipment built on the basis of mass service theory methods, the appropriateness of its application for supporting decision-making in the process of development of regional life safety systems has been confirmed.*

**Keywords:** mass service system, region, rescue units, system approach.