

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

КОВАЛЕНКО РОМАН ІВАНОВИЧ



УДК 355.588:[614.8:621.869.88](477.54)(043.3)

СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ РЕАГУВАННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ
НА ЛОКАЛЬНІ НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ
БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КУЗОВІВ-КОНТЕЙНЕРІВ

Спеціальність 21.02.03 – цивільний захист

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті цивільного захисту України
Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Калиновський Андрій Якович,
Національний університет цивільного захисту
України, начальник кафедри інженерної та
аварійно-рятувальної техніки.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор
Дівізінюк Михайло Михайлович,
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього
середовища Національної академії наук України»,
заступник директора з наукової роботи;

доктор технічних наук, доцент
Коротенко Григорій Михайлович,
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»,
професор кафедри геоінформаційних систем.

Захист відбудеться «29» серпня 2018 р. о 12-00 годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 64.707.04 при Національному університеті цивільного
захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету
цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94
та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 64.707.04 за електронною адресою:
http://nuczu.edu.ua/ukr/science/y_sps/d6470704/.

Автореферат розіслано «05» липня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.Ю. Колосков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Рівень транспортного забезпечення процесу ліквідації надзвичайних ситуацій відіграє важливу роль при виконанні оперативних дій особовим складом аварійно-рятувальних формувань. Від нього залежить, головним чином, показник часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань, який впливає на ймовірності загибелі і травмування людей під час виникнення різного роду надзвичайних ситуацій та ймовірну величину матеріальних збитків від них.

Сучасний стан транспортного забезпечення процесу ліквідації надзвичайних ситуацій підрозділами аварійно-рятувальних формувань в Україні характеризується використанням застарілого парку оперативних транспортних засобів, з якого більш як 80 % експлуатуються понад 30 років і підлягають заміні; крім цього, його видовий та чисельний склад не відповідає існуючим потребам. З огляду на це постає необхідність проведення технічного переоснащення аварійно-рятувальних формувань.

В багатьох провідних країнах Євросоюзу та Сполучених Штатах Америки в останні роки спостерігається тенденція до оснащення аварійно-рятувальних формувань багатофункціональними мобільними аварійно-рятувальними комплексами зі знімними кузовами-контейнерами, які складаються з автомобіля-носія, який має вантажно-розвантажувальний механізм, та набору спеціалізованих знімних кузовів-контейнерів різного цільового призначення. Вказаний вид оперативних транспортних засобів дозволяє за обмеженої їх кількості в підрозділах, за рахунок різної номенклатури спеціалізованих кузовів-контейнерів, виконувати широке коло цільових завдань та скоротити кількість залучень спеціальних автомобілів з територіально віддалених підрозділів, що, у свою чергу, дозволяє скоротити і час реагування. На жаль, існуючі підходи до визначення необхідних видів та чисельності оперативних транспортних засобів при оснащенні підрозділів не дозволяють встановити потребу аварійно-рятувальних формувань у багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексах зі знімними кузовами-контейнерами, що також не дозволяє підвищити ефективність процесу реагування, а тому вирішення даних питань є актуальним напрямом досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано відповідно до Розпорядження КМУ від 27 квітня 2011 року № 368-р «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2012–2016 роки» та «Стратегії реформування системи Державної служби з надзвичайних ситуацій», схваленої Розпорядженням КМУ від 25 січня 2017 р. №61-р. Дослідження є складовою частиною науково-дослідної роботи «Розробка рекомендацій по визначенню граничної штатної чисельності та кількості оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України» (реєстраційний номер 0114U002246), в якій здобувач був виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є скорочення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації шляхом використання в територіальних підрозділах оперативно-рятувальної служби

цивільного захисту багатофункціональних кузовів-контейнерів на прикладі міста Харкова.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі були виконані наступні **задачі**:

- проведено аналіз форм і методів скорочення часу реагування на локальні надзвичайні ситуації;
- досліджено особливості реагування на локальні надзвичайні ситуації в Україні;
- розроблено математичну модель оцінки часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації;
- виконано перевірку достовірності запропонованої математичної моделі оцінки часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації з використанням розробленої лабораторної установки та комплексу апаратно-програмних засобів шляхом проведення комплексного чисельного експерименту;
- розроблено методику визначення необхідних видів та чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу.

Об'єкт дослідження – процес реагування на локальні надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру.

Предмет дослідження – способи скорочення часу реагування на локальні надзвичайні ситуації аварійно-рятувальних формувань шляхом їх оснащення багатофункціональними кузовами-контейнерами.

Методи дослідження. На основі системного підходу та системного аналізу було визначено чинники, які впливають на час реагування аварійно-рятувальних формувань при ліквідації локальних надзвичайних ситуацій, а також досліджено особливості реагування підрозділів на локальні надзвичайні ситуації в Україні. З використанням теорії множин та синтезу було розроблено математичну модель оцінки часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації. Методи математичного моделювання, теорії ймовірностей та математичної статистики були використані при розробці лабораторної установки та під час проведення комплексного чисельного експерименту. Методика визначення необхідних видів та чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу була розроблена з використанням методів системного підходу та синтезу.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу в галузі цивільного захисту – удосконалено підхід до забезпечення аварійно-рятувальних формувань транспортними засобами шляхом їх оснащення багатофункціональними кузовами-контейнерами.

У процесі виконання роботи *вперше* отримано наступні наукові результати:

1. Розроблено математичну модель оцінки часу реагування на локальні надзвичайні ситуації аварійно-рятувальних формувань при використанні ними багатофункціональних кузовів-контейнерів, яка являє собою сукупність із чотирьох залежностей. Перша залежність визначає час реагування як добуток коефіцієнта

логічного показника на суму трьох часових інтервалів. Друга залежність визначає перший часовий інтервал як залежність часу реагування від дистанції й середньої швидкості прямування, а також коефіцієнта, який визначає рівень впливу характеристик маршруту руху вулично-дорожньою мережею на час прямування підрозділів до місця виникнення локальних надзвичайних ситуацій. Третя залежність визначає другий часовий інтервал як залежність часу реагування від показників, які характеризують собою час, затрачений підрозділами на подолання перешкод, що спричинені фізико-географічними умовами, а також часу прямування сил та засобів з підрозділу по вулично-дорожній мережі населеного пункту до найбільш територіально віддаленої точки, яка знаходиться на кордоні відповідного адміністративно-територіального району і відноситься до району обслуговування цього підрозділу. Четверта залежність визначає час приведення в оперативну готовність підрозділу аварійно-рятувального формування як суму часу диспетчеризації, часу збору і виїзду та часу оперативного розгортання.

2. Розроблено функціональну схему лабораторної установки та комплекс апаратно-програмних засобів, які реалізують запропоновану математичну модель оцінки часу реагування на локальні надзвичайні ситуації аварійно-рятувальних формувань при використанні ними багатофункціональних кузовів-контейнерів та дозволяють дослідити вплив на час реагування наступних факторів: дистанції й середньої швидкості прямування, а також коефіцієнта, який визначає рівень впливу характеристик маршруту руху вулично-дорожньою мережею на час прямування підрозділів до місця локальної надзвичайної ситуації; фізико-географічних умов регіону та часу на виконання інженерних заходів підрозділами аварійно-рятувальних формувань щодо підготовки маршрутів руху до місця ліквідації локальної надзвичайної ситуації; часу приведення в оперативну готовність підрозділу аварійно-рятувального формування.

3. Розроблено методику визначення необхідних видів та чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу, яка дозволяє встановити потребу аварійно-рятувальних формувань у вказаному виді техніки з урахуванням оперативно-тактичної обстановки в їх районах виїзду.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає у тому, що розроблено методику визначення необхідних видів та чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу, яка дозволяє встановити потребу аварійно-рятувальних формувань у вказаному виді техніки з урахуванням оперативно-тактичної обстановки в їх районах виїзду і виконати перерозподіл засобів та оснащення для проведення пожежогасіння і аварійно-рятувальних робіт між підрозділами в межах окремого населеного пункту. Основні результати дослідження були впроваджені в Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту та ГУ ДСНС України у Харківській області.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором особисто і наведені в роботах [1–19]. В наукових роботах [1–4, 6, 8, 10–17], що опубліковані у співавторстві, особисто

здобувачу належать: постановка задач, аналіз останніх досліджень і публікацій, проведення розрахунків та експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів. Крім цього, здобувачу також належать: у роботі [1] – розробка другого варіанта цільової функції оптимального розміщення оперативних транспортних засобів по підрозділах аварійно-рятувальних формувань; в роботах [2, 6] – результати аналізу процесу оперативного функціонування аварійно-рятувальних формувань міста Харкова, а також результати перевірки статистичних гіпотез про пуассонівський характер потоку викликів, який надходить до підрозділів; у роботі [3] – результати оцінки можливого ефекту від оснащення аварійно-рятувальних формувань автомобілями-носіями зі знімними кузовами-контейнерами; у роботі [4] – запропоноване обґрунтування системи проведення технічного обслуговування вказаних оперативних транспортних засобів при обмеженій чисельності резерву автомобілів-носіїв у підрозділах; у роботі [8] – розроблена математична модель визначення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації; у роботах [10, 14] – результати аналізу відомих геоінформаційних систем, які використовуються у діяльності аварійно-рятувальних формувань; у роботі [11] – результати аналізу шляхів скорочення часу прямуювання сил та засобів від місця постійної дислокації до місця ліквідації локальних надзвичайних ситуацій; у роботі [12] – результати аналізу основних переваг багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу в порівнянні з пожежно-рятувальними автомобілями «класичного компонування»; у роботі [13] – результати досліджень ступеня впливу чинників, які впливають на чисельність локальних надзвичайних ситуацій, що виникають на території населених пунктів; у роботі [15] – запропоноване обґрунтування видів знімних кузовів-контейнерів для підрозділів аварійно-рятувальних формувань міста Харкова; у роботі [16] – розроблена цільова функція перерозподілу оперативних транспортних засобів по підрозділах аварійно-рятувальних формувань з урахуванням специфіки потоку викликів, який до них надходить; у роботі [17] – запропонована організаційно-логічна схема контейнерної доставки спеціального оснащення та засобів пожежогасіння до місць проведення оперативних робіт.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідались і обговорювались на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (ВНТУ, м. Вінниця, 19–21 жовтня 2015 р., форма участі – заочна) [12]; на IV Міжнародній науково-практичній конференції «Казахстан в новій глобальній реальності: ріст, реформи, розвиток» забезпечення безпеки життєдіяльності (КТІ КНС МВС РК, м. Кокшетау, 25 березня 2016 р., форма участі – заочна) [13]; на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії» (ХНЕУ ім. Семе́на Кузне́ця, м. Харків, 28–29 квітня 2016 р., форма участі – заочна) [14]; на VII Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, м. Черкаси, 19–20 травня 2016 р., форма участі – заочна) [15]; на науково-практичному семінарі «Проблеми цивільного захисту: управління, попередження,

аварійно-рятувальні та спеціальні роботи» (НУЦЗУ, м. Харків, 19 квітня 2017 р., форма участі – очна) [16]; на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, м. Черкаси, 18–19 травня 2017 р., форма участі – заочна) [17]; на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Пожежна безпека: проблеми та перспективи» (НУЦЗУ, м. Харків, 1–2 березня 2018 р., форма участі – очна) [18].

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 19 наукових праць: 8 статей у наукових фахових виданнях України (з них 2 статті – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus і Ulrich's Periodicals, та 1 статтю – у виданні, яке входить до міжнародної наукометричної бази Ulrich's Periodicals); 2 статті – у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку, з якого підготовлено дисертацію; 1 статтю – у закордонному періодичному виданні; 1 розділ у колективній монографії; 7 тез доповідей на конференціях.

Структура і об'єм дисертації. Дисертаційна робота загальним обсягом 182 сторінки складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел зі 143 найменувань і 2 додатків, містить 26 рисунків, 29 таблиць, з них 5 таблиць на окремих сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наведено наукову новизну та розкрито теоретичне і практичне значення отриманих результатів, а також напрями їхнього впровадження.

У **першому розділі** дисертаційної роботи проведено аналіз форм і методів скорочення часу реагування підрозділів аварійно-рятувальних формувань (АРФ) на локальні надзвичайні ситуації (ЛНС).

Інформаційною основою дисертаційного дослідження стали роботи таких вчених, як Virrantaus K., Luokkala P., Liu Y., Lei Z., Romanowski C., Yin. J., Swersey A.J., Raikes J., McBean G., Ali S-N., Asgary A., Fischer K., Heinze D., Müller S., Ashley S.F., Vaughan G.J., Климкін В.І., Красавін О.В., Мовчан І.О., Войтович Д.П., Дівізінюк М.М. та ін.

У процесі проведення наукових досліджень, з метою однозначного тлумачення теоретичних і практичних положень, важливо дотримуватись певного понятійного апарату. У зв'язку з тим, що метою дисертаційного дослідження є зменшення часу реагування АРФ на ЛНС, необхідно першочергово визначитись із терміном «ЛНС». За результатами аналізу вітчизняних та зарубіжних публікацій фахівців у галузі цивільного захисту було встановлено, що під терміном «ЛНС» слід розуміти небезпечну подію, яка може бути ліквідована одним територіальним підрозділом і за площею не виходить за межі зони його відповідальності.

При виникненні ЛНС важливе значення має час реагування підрозділів АРФ, від якого залежать ймовірності загибелі і травмування населення, а також розміри

матеріальних збитків. Дослідженням існуючих та розробкою нових шляхів і способів скорочення часу реагування підрозділів АРФ на надзвичайні ситуації займалися наступні вчені: Kolesar P. J., Walker W. E., Pieter L. van den Berg, Guido A. G. Legemaate, Брушлінський М. М., Соколов С. В., Белан С. В. та ін.

Серед чинників, які впливають на час реагування АРФ на ЛНС, одним із основних є рівень забезпеченості підрозділів оперативними транспортними засобами (ТЗ), що також визначає їх функціональні можливості. В розвинутих країнах світу, таких як США і більшість країн Євросоюзу, скорочення часу реагування на ЛНС досягається як за допомогою спеціальних технічних засобів, так і застосуванням багатофункціональних кузовів-контейнерів на одній платформі.

Рівень потреби АРФ у різних видах оперативних ТЗ найчастіше встановлюється на основі припущень експертів, а науковообґрунтованих підходів, які дозволяють вирішити це питання, є достатньо мало. Крім цього, існуючі підходи до визначення рівня потреби АРФ у різних видах оперативних ТЗ не є універсальними, що ускладнює процес їх практичного застосування та створює необхідність пошуку нових альтернативних рішень для вирішення цього питання.

У **другому розділі** дисертаційної роботи було проведено дослідження особливостей реагування підрозділів АРФ на ЛНС в Україні. Серед видів ЛНС розглядалися: пожежі, терористичні й побутові вибухи, а також небезпечні події, пов'язані з викидами та/або розливами небезпечних хімічних і радіоактивних речовин. Для ліквідації локальних пожеж використовуються штатні пожежні машини та інші технічні засоби, які знаходяться на оснащенні підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. До ліквідації ЛНС, пов'язаних із терористичними і побутовими вибухами та викидами і/або розливами небезпечних хімічних і радіоактивних речовин, враховуючи їх специфіку і складність, залучаються спеціальні оперативні ТЗ, що перебувають на оснащенні аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення та Міжрегіонального і Спеціалізованих центрів швидкого реагування Державної служби України з надзвичайних ситуацій. На оснащенні більшості державних пожежно-рятувальних частин, які є найбільш поширеним видом АРФ на території населених пунктів України, зазначена спеціалізована техніка не перебуває, що часом при виникненні складних ЛНС викликає потребу в залученні необхідних видів спеціальних ТЗ із територіально віддалених спеціалізованих підрозділів, що є причиною значного зростання показника часу реагування. З метою знаходження рішень, які б дозволили вирішити названу проблему, в роботі було проведено аналіз шляхів скорочення часу реагування підрозділів АРФ на ЛНС (рис. 1).

Враховуючи закордонний досвід, було визначено, що найбільш перспективним для України, з метою скорочення часу реагування на ЛНС, є шлях створення багатофункціональних кузовів-контейнерів і оснащення ними територіальних підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Вибір названого шляху пояснюється наступними твердженнями:

- забезпечення підрозділів новими зразками спеціальних ТЗ дозволить оновити існуючий парк оперативних автомобілів та підвищити імовірність їх безвідмовної



Рисунок 1 – Шляхи скорочення часу реагування підрозділів АРФ на ЛНС

роботи, зменшивши імовірність виходу з ладу спеціальних ТЗ у процесі реагування АРФ на ЛНС;

- використання багатофункціональних кузовів-контейнерів дозволить зменшити експлуатаційні витрати АРФ на утримання парку спеціальних ТЗ;

- при цьому буде розширено перелік функціональних можливостей державних пожежно-рятувальних частин, що дозволить зменшити кількість залучень окремих видів ТЗ зі спеціалізованих територіально віддалених підрозділів, а це, у свою чергу, дасть бажаний результат – зменшення середнього показника часу реагування АРФ на ЛНС за рахунок скорочення дистанції прямування.

У **третьому розділі** дисертаційної роботи з використанням теорії множин було розроблено математичну модель оцінки часу реагування підрозділів АРФ на ЛНС. Для розробки математичної моделі першочергово були сформовані початкові умови вирішення задачі, а потім визначені граничні умови. Після цього поступовим вирішенням задачі було проведено синтез математичної моделі оцінки часу реагування на ЛНС АРФ при використанні ними багатофункціональних кузовів-контейнерів.

Сукупність підрозділів АРФ населеного пункту утворює по суті логістичну систему, яка дозволяє реалізувати функцію реагування на ЛНС, що можна представити як сукупність об'єктів у загальному вигляді:

$$ЛС = \langle \{АРФ\}; \{ЛНС\} \rangle, \quad (1)$$

де ЛС – логістична система; $\{АРФ\}$ – сукупність підрозділів АРФ; $\{ЛНС\}$ – сукупність ЛНС.

Відповідно до теорії логістики підрозділи АРФ, які мають у своєму розпорядженні сукупність сил та засобів, по суті є «постачальниками послуг» з ліквідації ЛНС. Використовуючи апарат теорії множин, можна представити метод вибору видів і чисельності знімних кузовів-контейнерів та автомобілів-носіїв як сукупність наступних складових:

$$M = \{\{X\}, \{Z\}, K\}, \quad (2)$$

де $\{X\}$ – впливи зовнішнього середовища, які не можуть бути змінені у процесі прийняття управлінського рішення, але мають бути при цьому враховані (граничне

значення радіуса району обслуговування; характеристики маршруту руху вулично-дорожньою мережею (кількість регульованих і нерегульованих перехресть, кількість поворотів вправо та вліво, ширина проїжджої частини, кількість смуг руху, інтенсивність руху транспортних потоків та ін.); $\{Z\}$ – вхідні впливи, які можуть бути змінені у процесі прийняття управлінського рішення (види і чисельність знімних кузовів-контейнерів та автомобілів-носіїв); $\{K\}$ – критерій ефективності.

Комплексним критерієм ефективності виступає загальний час реагування підрозділів АРФ на ЛНС, які виникають на території відповідного населеного пункту. Загальний час реагування підрозділів АРФ на ЛНС залежить від тривалості окремих етапів:

$$\tau_{\text{реагування}} = \tau_{\text{дисп.}} + \tau_{\text{зб.в.}} + \tau_{\text{прямув.}} + \tau_{\text{о/р}}, \quad (3)$$

де $\tau_{\text{дисп.}}$ – час диспетчеризації, хв.; $\tau_{\text{зб.в.}}$ – час збору та виїзду особового складу, хв.; $\tau_{\text{прямув.}}$ – час прямовання оперативних ТЗ до місця ліквідації ЛНС, хв.; $\tau_{\text{о/р}}$ – час виконання оперативного розгортання на місці ліквідації ЛНС, хв.

На час прямовання автомобіля-носія зі знімним кузовом-контейнером, без урахування впливів фізико-географічних умов та часу на виконання інженерних заходів підрозділами АРФ щодо підготовки маршрутів руху до місця ліквідації наслідків ЛНС (τ_1), будуть впливати наступні чинники:

$$\tau_1 = \frac{L}{V_{\text{ср.}}} \cdot K_{\text{мр.}}, \quad (4)$$

де L – дистанція між місцем дислокації підрозділу АРФ та місцем виникнення ЛНС, км; $V_{\text{ср.}}$ – середня швидкість прямовання оперативних ТЗ вулично-дорожньою мережею населеного пункту, км/год; $K_{\text{мр.}}$ – коефіцієнт, який визначає рівень впливу характеристик маршруту руху вулично-дорожньою мережею (кількість регульованих і нерегульованих перехресть, кількість поворотів вправо та вліво, ширина проїжджої частини, кількість смуг руху, інтенсивність руху транспортних потоків та ін.) на час прямовання підрозділів АРФ до місця виникнення ЛНС.

З метою врахування впливу фізико-географічних умов на час реагування підрозділів АРФ на ЛНС необхідно ввести ряд чисельних показників. Кожен показник являє собою відносний час, який необхідно затратити підрозділам АРФ на подолання перешкод, які спричинені впливами фізико-географічних умов під час прямовання до місця ліквідації ЛНС. Першою складовою, яка враховує вплив фізико-географічних умов на час реагування, є час подолання підйомів та спусків (τ_{A1}), який можна визначити за наступною формулою:

$$\tau_{A1} = \sum_{z=1}^z \frac{S_{\text{п/с}}}{V_{\text{п/с}}}, \quad (5)$$

де $S_{\text{п/с}}$ – довжина окремої ділянки підйому або спуску, км; $V_{\text{п/с}}$ – середня швидкість подолання окремої ділянки підйому або спуску, км/год; z – кількість об'єктів фізико-географічних умов та дій підрозділів АРФ, які спрямовані на подолання перешкод, що викликані ними.

Другою складовою, яка враховує вплив фізико-географічних умов на час реагування, є час подолання водних перешкод (τ_{A2}):

$$\tau_{A2} = \sum_{z=1}^z \frac{S_{\text{вп.}}}{V_{\text{вп.}}}, \quad (6)$$

де $S_{\text{вп.}}$ – довжина окремої ділянки водної перешкоди, км; $V_{\text{вп.}}$ – середня швидкість подолання окремої ділянки водної перешкоди, км/год.

Третім чинником (τ_{A3}), який впливає на час реагування, є час проведення інженерних робіт підрозділами АРФ з метою підготовки шляхів руху та подолання перешкод, який можна визначити за наступною формулою:

$$\tau_{A3} = \sum_{z=1}^z \frac{A_{\text{роб.}}}{V_{\text{вик.}}}, \quad (7)$$

де $A_{\text{роб.}}$ – обсяг робіт; $V_{\text{вик.}}$ – середня швидкість виконання робіт.

Обсяг робіт може оцінюватися:

- у метрах, кілометрах, кубічних метрах – при влаштуванні проходів у завалах;
- у метрах, кілометрах, кубічних метрах – під час розчищення ділянок шляху, завалених товстим шаром снігу, що перешкоджає рухові оперативних ТЗ;
- у метрах або кілометрах – під час виконання мостових переправ через ділянки водних перешкод, ярів та канав.

Швидкість виконання робіт може оцінюватися у: м/год, км/год, м³/год.

Сумарний показник часу (τ_A), який характеризує собою затрачений підрозділами АРФ час на подолання перешкод, які спричинені фізико-географічними умовами, можна визначити наступним чином:

$$\tau_A = \tau_{A1} + \tau_{A2} + \tau_{A3}. \quad (8)$$

Для отримання коректних результатів при виконанні математичного моделювання необхідно врахувати обмеження, яке полягає у тому, що, виконуючи оперативні дії, з метою ліквідації наслідків ЛНС, підрозділи АРФ територіально не покидають кордонів відповідного адміністративно-територіального утворення. У вигляді такого обмеження у математичну модель необхідно ввести показник (τ_B), який чисельно дорівнює часу прямування сил та засобів з підрозділу АРФ вулично-дорожньою мережею населеного пункту до найбільш територіально віддаленої точки, яка знаходиться на кордоні відповідного адміністративно-територіального району, що також визначає район обслуговування вказаного підрозділу.

У цьому випадку кінцева залежність для визначення часу прямування підрозділів АРФ, з урахуванням впливу фізико-географічних умов і проведення інженерних робіт з метою підготовки шляхів руху та подолання перешкод (τ_2), буде мати наступний вигляд:

$$\tau_2 = \tau_A + \tau_B. \quad (9)$$

Формула (3) визначає загальний час реагування підрозділів АРФ на ЛНС, при цьому тривалість $\tau_{\text{дисп.}}$, $\tau_{\text{зб.в.}}$ і $\tau_{\text{о/р}}$, ґрунтуючись на зарубіжному та вітчизняному досвіді проведення оперативних робіт у населених пунктах, можна оцінювати за

нормативними або емпіричними (середніми) показниками. У цьому випадку час приведення в оперативну готовність підрозділу АРФ (τ_3) буде становити:

$$\tau_3 = \tau_{\text{дисп.}} + \tau_{\text{зб.в.}} + \tau_{\text{о/р}}. \quad (10)$$

Оскільки на час прямування підрозділів впливає достатньо багато чинників, для їх врахування доцільно використати запропоновані в роботі залежності (4) та (9). Кінцевий показник часу прямування підрозділів до місця ліквідації ЛНС визначається сумуванням числових значень, отриманих за залежностями (4) і (9).

Важливим є введення коефіцієнта логічного показника ($U_{a/k}$), що відображає наявність певних типів автомобілів, платформ, кузовів-контейнерів та інших технічних засобів у підрозділах АРФ. Цей коефіцієнт може набувати двох значень:

- 0, якщо у підрозділі АРФ, до якого надійшло повідомлення про виникнення ЛНС, відсутні необхідні типи автомобілів, платформ, кузовів-контейнерів та інших технічних засобів;

- 1, якщо у підрозділі АРФ, до якого надійшло повідомлення про виникнення ЛНС, наявні необхідні типи автомобілів, платформ, кузовів-контейнерів та інших технічних засобів.

Коефіцієнт логічного показника $U_{a/k}$ враховує наступна формула:

$$\tau_{\text{реагування}} = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) \cdot U_{a/k}. \quad (11)$$

Час реагування підрозділів АРФ не може дорівнювати нулю, а тому коли коефіцієнт логічного показника $U_{a/k} = 0$, то це означає, що виклик автоматично переадресується іншому підрозділу. Затримка часу на переадресацію повідомлення до іншого АРФ при цьому не відбудеться, бо відомості про наявність та стан оперативних ТЗ у підрозділах постійно відслідковуються оперативно-диспетчерською службою оперативно-координаційного центру відповідного територіального органу ДСНС України.

У кінцевому вигляді розроблена математична модель оцінки часу реагування АРФ на ЛНС являє собою систему із чотирьох залежностей. Перша залежність визначає час реагування як добуток $U_{a/k}$ на суму трьох часових інтервалів. Друга залежність визначає перший часовий інтервал як залежність часу реагування від L й $V_{\text{ср.}}$, а також коефіцієнта $K_{\text{мр.}}$. Третя залежність визначає другий часовий інтервал як залежність часу реагування від показників τ_A і τ_B . Четверта залежність визначає час приведення в оперативну готовність підрозділу АРФ як суму показників $\tau_{\text{дисп.}}$, $\tau_{\text{зб.в.}}$ і $\tau_{\text{о/р}}$.

Розроблена математична модель має наступний вигляд:

$$\begin{cases} \tau_{\text{реагування}} = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) \cdot U_{a/k}, \\ \tau_1 = \frac{L}{V_{\text{ср.}}} \cdot K_{\text{мр.}}, \\ \tau_2 = \tau_A + \tau_B, \\ \tau_3 = \tau_{\text{дисп.}} + \tau_{\text{зб.в.}} + \tau_{\text{о/р}}. \end{cases} \quad (12)$$

З метою отримання адекватних результатів при виконанні оцінки часу реагування АРФ на ЛНС, математичну модель було доповнено наступними обмеженнями: чисельність автомобілів-носіїв у i -му підрозділі АРФ має бути більшою або дорівнювати одиниці; чисельність кузовів-контейнерів з цільовим призначенням пожежогасіння в i -му підрозділі АРФ повинна бути більшою або дорівнювати одиниці; час реагування АРФ на ЛНС має бути більше нуля. Оптимізація роботи АРФ може здійснюватися шляхом пошуку мінімального значення часу реагування.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи було виконано перевірку достовірності розробленої математичної моделі. Для перевірки достовірності математичної моделі оцінки часу реагування АРФ на ЛНС першочергово було обґрунтовано методику виконання чисельних експериментів, а потім розроблено функціональну схему лабораторної установки та комплекс апаратно-програмних засобів, які реалізують запропоновану математичну модель. Після цього було проведено аналіз комплексного чисельного експерименту.

Запропонована методика проведення чисельного експерименту передбачає виконання п'ятих процедур, а саме: систематизації даних, кластеризації, типізації технічних засобів, ймовірних чисельних оцінок, перерозподілу технічних засобів, що забезпечує перевірку достовірності розробленої математичної моделі.

На етапі систематизації даних проводиться дослідження потоку викликів, які надходять до підрозділів АРФ. Визначається показник загальної частоти потоку викликів λ , а також середній час обслуговування одного виклику $t_{з.ср.}$. Після цього загальний потік викликів розділяється на декілька потоків викликів, залежно від виду ЛНС (пожежі, аварії з розливом і/або викидом небезпечних хімічних речовин, раптові руйнування будинків і споруд та ін.), і окремо для кожного з них визначаються показники λ і $t_{з.ср.}$. Крім цього, виконується аналіз кількості виїздів кожного окремого виду оперативних ТЗ на обслуговування викликів у межах населеного пункту за певний період часу.

При виконанні етапу кластеризації проводиться групування підрозділів АРФ. Після проведення кластеризації для кожної групи підрозділів АРФ необхідно перевірити статистичні гіпотези про пуассонівський характер надходження потоку викликів до них, а також гіпотезу про те, що часові інтервали між надходженням викликів можна описати експоненційним законом розподілу. Для цього з кожної зі встановлених груп обирається по одному підрозділу АРФ і для них виконується перевірка відповідних статистичних гіпотез, що є необхідною умовою при виконанні перевірки достовірності розробленої математичної моделі оцінки часу реагування підрозділів АРФ на ЛНС.

Типізація технічних засобів виконується з урахуванням показників кількості виїздів кожного окремого виду оперативних ТЗ на обслуговування викликів у межах населеного пункту за певний період часу. При використанні методу АВС-аналізу, на основі даних показників, будується кумулятивна крива. Із застосуванням графічного методу проводиться поділ видів оперативних ТЗ на групи А, В і С. Після цього необхідно виділити перелік цільових призначень оперативних ТЗ по кожній окремій групі та з урахуванням «базових» цільових призначень знімних кузовів-контейнерів

і використанням методу експертної оцінки визначити типи знімних кузовів-контейнерів для підрозділів АРФ відповідного населеного пункту.

Встановлення необхідної загальної чисельності автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів для підрозділів АРФ населеного пункту здійснюється на етапі проведення комплексних чисельних оцінок. На даному етапі спершу визначається показник приведеної чисельності автомобілів на виклик k_d за формулою (13), а потім показник частоти залучення автомобілів на обслуговування викликів з АРФ $\lambda_{\text{отЗ.ім}}$ – за формулою (14).

$$k_d = \frac{N_{\text{отЗ.іj}}}{j_j}, \quad (13)$$

де $N_{\text{отЗ.іj}}$ – загальна кількість оперативних ТЗ, яка була зайнята обслуговуванням загального потоку викликів або специфічних потоків викликів, які можна розділити на окремі групи залежно від особливостей проведення оперативних робіт під час ліквідації наслідків ЛНС; j_j – загальна кількість викликів, що виникали в населеному пункті за певний період часу, або кількість викликів, які були віднесені до окремої групи залежно від їх специфіки.

$$\lambda_{\text{отЗ.ім}} = \lambda \cdot k_d, \text{ автомобілів/годину} \quad (14)$$

Визначити ймовірність залучення певної чисельності автомобілів-носіїв та відповідних типів кузовів-контейнерів до ліквідації ЛНС в населеному пункті можна з використанням математичних моделей, які ґрунтуються на пуассонівському законі розподілу. Визначити стохастичний показник одночасної кількості викликів підрозділів АРФ на території населеного пункту дозволяє математична модель:

$$P_t(w) = (\lambda \cdot t_{\text{з.сп.}})^w \cdot e^{-\lambda \cdot t_{\text{з.сп.}}} / w!, \quad (15)$$

де $P_t(w)$ – ймовірність виникнення w викликів за час t ; w – кількість можливих одночасних викликів (1, 2, 3 ...).

Підставивши показник $\lambda_{\text{отЗ.ім}}$ в (15) замість показника λ , було отримано математичну модель, яка дозволяє визначати ймовірність залучення певної чисельності оперативних ТЗ до обслуговування викликів у населеному пункті:

$$P_t(r) = (\lambda_{\text{отЗ.ім}} \cdot t_{\text{з.сп.}})^r \cdot e^{-\lambda_{\text{отЗ.ім}} \cdot t_{\text{з.сп.}}} / r!, \quad (16)$$

де r – чисельність одночасно залучених оперативних ТЗ на виклик (1, 2, 3 ...).

Розрахунки ймовірностей залучення певної чисельності оперативних ТЗ із підрозділів АРФ на обслуговування викликів у населеному пункті необхідно проводити до виконання наступної умови:

$$P_0 + P_1 + \dots + P_n = 1, \quad (17)$$

де $P_0, P_1, P_2 \dots P_n$ – ймовірність того, що обслуговуванням виклику займається 0, 1, 2 ... n оперативних ТЗ.

Суть цієї умови полягає у тому, що розрахунки проводяться до моменту, коли не буде визначено повну групу подій, тобто коли сума визначених ймовірностей не буде дорівнювати одиниці.

Необхідну чисельність оперативних ТЗ для підрозділів АРФ населеного пункту слід приймати за показником r за умови, що $P_t(r) = 0$.

Для виконання умови мінімізації часу реагування підрозділів АРФ на ЛНС необхідно ввести обмеження, які полягають у тому, що у кожному окремому підрозділі має бути як мінімум один автомобіль-носій та один кузов-контейнер з цільовим завданням пожежогасіння. Вид цільового призначення кузова-контейнера можна пояснити значною частотою виникнення ЛНС, пов'язаних із пожежами, у порівнянні з іншими видами на території нашої держави, при ліквідації наслідків яких залучаються підрозділи ДСНС України. Розміщення мінімум одного автомобіля-носія в кожному підрозділі АРФ дозволяє забезпечити максимальну щільність ТЗ на території населеного пункту; при цьому довжина маршруту прямування автомобілів при доставці засобів та спорядження до місць проведення оперативних робіт буде мінімальною. Вказані обмеження можна представити у наступному вигляді:

$$N_{\text{АРФ}i}^{\text{а-н}} \geq 1, \quad (18)$$

$$N_{\text{АРФ}i}^{\text{кк.п}} \geq 1, \quad (19)$$

де $N_{\text{АРФ}i}^{\text{а-н}}$ – чисельність автомобілів-носіїв у i -му підрозділі АРФ; $N_{\text{АРФ}i}^{\text{кк.п}}$ – чисельність кузовів-контейнерів для пожежогасіння у i -му підрозділі АРФ.

З метою визначення загальної чисельності автомобілів-носіїв і знімних кузовів-контейнерів, цільове завдання яких пов'язане із проведенням пожежогасіння, для підрозділів АРФ населеного пункту та з метою виконання умови (18) і (19) можна використати наступні розрахункові формули:

$$N_{\text{АРФ.заг}}^{\text{а-н}} = r_{\text{а-н}} + Q_{\text{АРФ}}, \quad (20)$$

$$N_{\text{АРФ.заг}}^{\text{кк.п}} = r_{\text{кк.п}} + Q_{\text{АРФ}}, \quad (21)$$

де $N_{\text{АРФ.заг}}^{\text{а-н}}$ – загальна чисельність автомобілів-носіїв для оснащення підрозділів АРФ населеного пункту; $r_{\text{а-н}}$ – ймовірна чисельність одночасно залучених на виклик автомобілів-носіїв, визначена за (16); $N_{\text{АРФ.заг}}^{\text{кк.п}}$ – загальна чисельність кузовів-контейнерів із цільовим призначенням пожежогасіння для оснащення підрозділів АРФ населеного пункту; $r_{\text{кк.п}}$ – ймовірна чисельність одночасно залучених на виклик кузовів-контейнерів із цільовим призначенням пожежогасіння, визначена за (16); $Q_{\text{АРФ}}$ – загальна чисельність підрозділів АРФ у населеному пункті.

Для визначення загальної чисельності кузовів-контейнерів цільового призначення, відмінного від пожежогасіння, при розрахунках слід врахувати долю специфічних викликів від загальної чисельності викликів, процес обслуговування яких потребує залучення спеціалізованих кузовів-контейнерів (наприклад, кузовів-контейнерів для ліквідації ЛНС, пов'язаних з розливами та/або викидами небезпечних хімічних речовин), що дозволяє наступна формула:

$$N_{\text{АРФ.заг}}^{\text{кк.п}} = r_{\text{кк.п}} + \lceil \zeta_i \cdot Q_{\text{АРФ}} \rceil, \quad (22)$$

де $N_{\text{АРФ,заг}}^{\text{кк}i}$ – загальна чисельність кузовів-контейнерів з j -м цільовим призначенням, відмінним від пожежогасіння, для оснащення підрозділів АРФ населеного пункту; $r_{\text{кк},i}$ – ймовірна чисельність одночасно залучених кузовів-контейнерів з j -м цільовим призначенням, відмінним від пожежогасіння, на виклик, що визначається з використанням математичної моделі (16); ζ_i – доля викликів від їх загальної кількості, які надходять до АРФ населеного пункту, специфіка яких потребує саме залучення кузовів-контейнерів з відповідним j -м цільовим призначенням.

У розрахунковій формулі (22) добуток $\zeta_i \cdot Q_{\text{АРФ}}$ необхідно округлювати у більшу сторону до цілого числа. Якщо за результатами розрахунків загальна чисельність кузовів-контейнерів певного j -го типу є більшою за чисельність автомобілів-носіїв, необхідно кількість перших дорівняти до кількості останніх. Вказану умову можна пояснити тим, що кузови-контейнери до місця виклику доставляються саме автомобілями-носіями, а за відсутності необхідної кількості останніх забезпечити їх транспортування за мінімальний термін буде неможливо.

На етапі перерозподілу технічних засобів необхідно виконати перерозподіл визначеної загальної чисельності автомобілів-носіїв і знімних кузовів-контейнерів по підрозділах АРФ населеного пункту та врахувати при цьому умови (18) і (19). Для виконання перерозподілу встановленої загальної чисельності автомобілів-носіїв між підрозділами необхідно використати наступну цільову функцію:

$$f(\Phi) = \frac{\sum (\Phi_{ik} - \bar{\Phi})^2}{a - 1} \rightarrow \min, \quad (23)$$

$$\Phi = \{\Phi_{ik}\}, \quad (24)$$

де Φ_{ik} – значення ik -го члена вибірки (відношення фактичної чисельності залучень i -го підрозділу АРФ при ліквідації ЛНС до умовної чисельності автомобілів-носіїв або кузовів-контейнерів); $\bar{\Phi}$ – середнє арифметичне значення вибірки; a – її обсяг.

У випадку виконання умови (25) при перерозподілі кузовів-контейнерів з j -м цільовим призначенням, відмінним від пожежогасіння, слід спочатку дослідити можливий рівень стабільності їх залучення до обслуговування викликів окремо за кожним районом обслуговування підрозділу:

$$N_{\text{АРФ}i}^{\text{кк},j} < Q_{\text{АРФ}}, \quad (25)$$

де $N_{\text{АРФ}i}^{\text{кк},j}$ – чисельність кузовів-контейнерів з j -м цільовим призначенням, відмінним від пожежогасіння.

Для перерозподілу встановленої чисельності кузовів-контейнерів даного типу по АРФ населеного пункту, враховуючи ймовірно низьку частоту їх використання у порівнянні з кузовами-контейнерами, призначеними для проведення пожежогасіння, необхідно спершу дослідити можливий рівень стабільності їх залучення до обслуговування викликів окремо за кожним районом обслуговування підрозділу.

Оцінити рівень стабільності залучення знімних кузовів-контейнерів різних видів до обслуговування викликів по районах обслуговування підрозділів АРФ можна розрахувавши показник критерію варіації (ξ) за статистичними даними, які

відображають щоденну кількість залучень певної чисельності оперативних ТЗ до ліквідації окремих груп ЛНС за певний період часу, наприклад за рік.

Для розподілу знімних кузовів-контейнерів по підрозділах необхідно показники варіації за кожним районом обслуговування АРФ та за окремими групами ЛНС відсортувати у порядку від найменшого до найбільшого, створивши, по суті, «рейтинг». Підрозділи з найменшим коефіцієнтом варіації («перші у рейтингу») слід забезпечити кузовами-контейнерами визначених цільових призначень.

З метою автоматизації процедури проведення чисельного експерименту було розроблено лабораторну установку, яка являє собою комплекс апаратно-програмних засобів, які реалізують математичну модель оцінки часу реагування АРФ на ЛНС.

На рис. 2 наведено функціональну схему, яка характеризує структуру розробленої лабораторної установки та загальний алгоритм проведення чисельного експерименту. Функціональна схема складається з восьми блоків, що розміщені на восьми рівнях, пов'язаних послідовними та ієрархічними зв'язками.

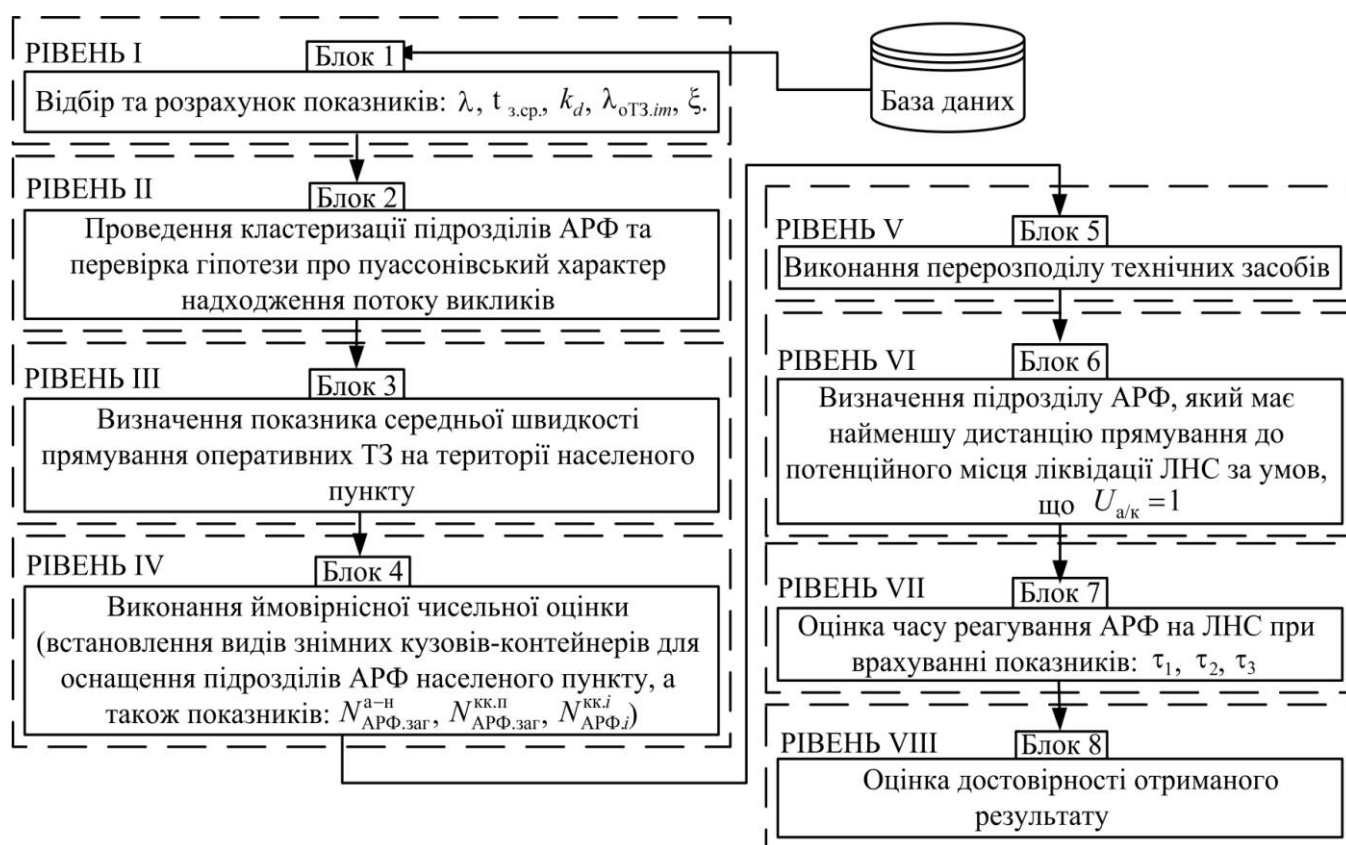


Рисунок 2 – Функціональна схема лабораторної установки

З використанням розробленої лабораторної установки та відповідно до описаної вище методики було проведено комплексний чисельний експеримент для перевірки достовірності математичної моделі оцінки часу реагування на ЛНС АРФ при використанні ними багатофункціональних кузовів-контейнерів на прикладі м. Харкова. Після виконання етапу систематизації даних та поділу ЛНС на характерні групи (рис. 3), залежно від специфіки проведення оперативних робіт АРФ, був виконаний етап кластеризації, за результатами якого проведено поділ всіх названих підрозділів м. Харкова на три кластери.

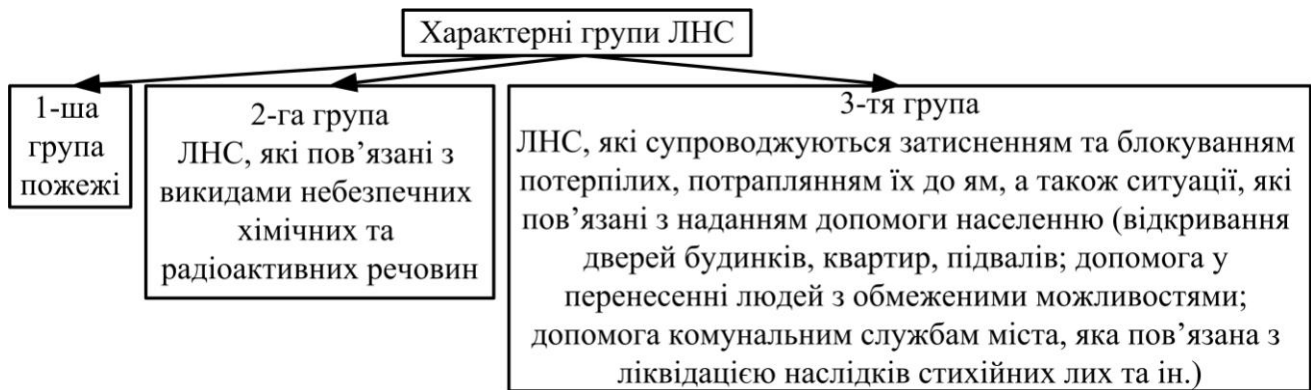


Рисунок 3 – Поділ ЛНС, які виникають на території м. Харкова, на окремі групи

Далі було здійснено перевірку статистичних закономірностей для довільно вибраних зі встановлених кластерів підрозділів АРФ. Порівнявши розрахункові та критичні значення критерію узгодженості Пірсона (таблиці 1 і 2), можна зробити висновок про підтвердження висунутих статистичних гіпотез стосовно характеристик потоку викликів, які надходять до АРФ, та часових інтервалів між ними.

Таблиця 1 – Перевірка відповідності розподілу характеристик потоку викликів, які надходять до АРФ, закону Пуассона

Відношення до кластеру	Найменування підрозділу	Розрахункове значення критерію Пірсона	Критичне значення критерію Пірсона
1	ДПРЧ-3	1,16008	7,815
2	ДПРЧ-8	6,62298	7,815
3	ДПРЧ-27	2,00947	5,991

Таблиця 2 – Перевірка відповідності розподілу часових інтервалів між надходженням викликів до АРФ експоненційному закону

Відношення до кластеру	Найменування підрозділу	Розрахункове значення критерію Пірсона	Критичне значення критерію Пірсона
1	ДПРЧ-3	3,79169	9,488
2	ДПРЧ-8	6,47214	7,815
3	ДПРЧ-27	0,39696	3,841

Після проведення етапу типізації технічних засобів були встановлені наступні необхідні види знімних кузовів-контейнерів: кузов-контейнер типу 1 – пожежний; кузов-контейнер типу 2 – радіаційного та хімічного захисту; кузов-контейнер типу 3 – аварійно-рятувальний; кузов-контейнер типу 4 – транспортний. За результатами оцінювання ефекту від реалізації процедури мінімізації часу реагування АРФ на ЛНС встановлено, що за умови оснащення підрозділів знімними кузовами-контейнерами 2-го та 3-го типів, відповідно до запропонованої в роботі чисельності та місць дислокації (таблиця 3), можна досягти скорочення часу реагування при ліквідації ЛНС, які були віднесені до 2-ї групи, майже на 22,6 хвилини, а на ЛНС 3-ї групи – на 2,35 хвилини.

Таблиця 3 – Визначена чисельність автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів для оснащення підрозділів АРФ м. Харкова

Найменування підрозділу	Автомобілі-носії	Кузови-контейнери типу 1	Кузови-контейнери типу 2	Кузови-контейнери типу 3
ДПРЧ-1	2	2	–	1
ДПРЧ-2	2	2	1	1
ДПРЧ-3	2	1	1	1
ДПРЧ-4	1	1	–	–
ДПРЧ-5	2	3	–	–
ДПРЧ-6	2	1	–	1
ДПРЧ-7	1	1	–	–
ДПРЧ-8	2	2	1	1
ДПРЧ-9	3	2	1	1
ДПРЧ-11	2	2	–	1
ДПРЧ-17	2	2	–	1
ДПРЧ-18	3	3	1	1
ДПРЧ-22	1	1	–	–
ДПРЧ-25	1	1	–	–
ДПРЧ-26	1	1	–	–
ДПРЧ-27	1	1	–	–
ДПРЧ-32	1	1	–	1
ДПРЧ-36	1	1	–	–
ДПРЧ-41	1	1	–	–

Залежності, отримані за результатами проведеного комплексного чисельного експерименту, були апроксимовані рівняннями лінійної регресії, коефіцієнти яких перевірялися за критерієм Стюдента з надійністю 0,95. Адекватність регресійних моделей перевірялася за критерієм Фішера і забезпечує коефіцієнт кореляції не нижче 0,7, що підтверджує достовірність розробленої математичної моделі.

У **п'ятому розділі** дисертаційної роботи було розроблено методику визначення необхідних видів та чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу, яка складається з ряду послідовних етапів. На рис. 4 наведено структурно-логічну схему трьох основних етапів виконання розрахунків з використанням запропонованої в роботі методики. Перед застосуванням методики спершу необхідно виконати два підготовчих етапи. На першому підготовчому етапі необхідно:

- використовуючи статистичні дані про залучення підрозділів АРФ до ліквідації ЛНС, визначити загальну частоту потоку викликів (ЛНС), які надходять окремо до кожного підрозділу АРФ; виконати поділ ЛНС на групи за їх специфікою; окремо за кожним підрозділом АРФ населеного пункту визначити частоту потоку викликів, які надходять до них за кожною групою ЛНС;

- шляхом статистичних досліджень провести перевірку статистичних гіпотез про можливість опису потоку викликів, які надходять до підрозділів АРФ, за

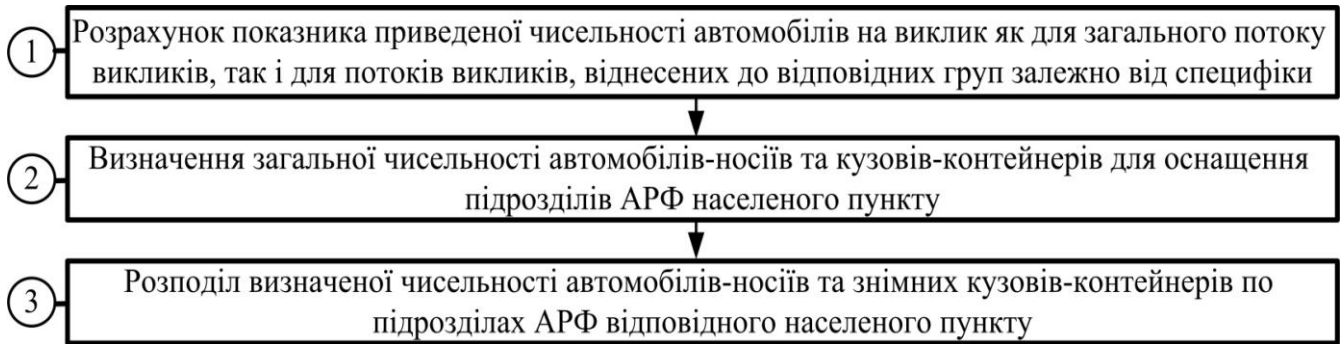


Рисунок 4 – Структурно-логічна схема порядку виконання розрахунків

законом розподілу Пуассона, а часових інтервалів між їх надходженням – за експоненційним законом розподілу, що є умовами застосування поданої методики;

- визначити показник середнього часу обслуговування викликів (часовий інтервал від моменту виїзду сил та засобів з підрозділу АРФ до моменту їх повернення до місця постійної дислокації) як для загального потоку викликів, так і для окремо взятого кожного потоку викликів залежно від поділу на групи ЛНС.

На другому підготовчому етапі необхідно:

- провести аналіз кількості виїздів кожного окремого виду оперативних ТЗ із підрозділів АРФ населеного пункту на проведення оперативних робіт. Далі, з використанням отриманих даних, необхідно провести АВС-аналіз за загальною методикою, що наведена в четвертому розділі дисертаційної роботи;

- із застосуванням методу експертної оцінки та використовуючи результати АВС-аналізу, встановити необхідні види та цільові призначення для кузовів-контейнерів, які потрібні для оснащення підрозділів АРФ.

На першому основному етапі необхідно розрахувати показник приведеної чисельності автомобілів на виклик за розрахунковою формулою (13). Розрахунки при цьому слід виконувати окремо як для загального потоку викликів, які надходять до підрозділів АРФ, так і для встановлених на першому етапі груп викликів.

На другому основному етапі необхідно шляхом виконання ймовірнісних оцінок за методикою, описаною в четвертому розділі дисертаційної роботи (4-та процедура методики проведення чисельного експерименту), розрахувати загальну чисельність автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів різних типів для озброєння підрозділів АРФ відповідного населеного пункту.

На третьому основному етапі необхідно, використовуючи запропоновану цільову функцію (23) та загальну методику, описану в четвертому розділі дисертаційної роботи (п'ята процедура методики проведення чисельного експерименту), виконати перерозподіл встановленої на попередньому етапі чисельності автомобілів-носіїв та знімних кузовів-контейнерів по підрозділах АРФ населеного пункту. У випадку виконання умови (25) розподіл знімних кузовів-контейнерів по підрозділах АРФ необхідно проводити на основі розрахованих коефіцієнтів варіації за статистичними даними, які відображають щоденну кількість залучень оперативних ТЗ на ліквідацію певних груп ЛНС (залежно від цільових призначень знімних кузовів-контейнерів), виконавши «рейтингову оцінку».

Описана методика дозволяє визначити види та чисельність багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів зі знімними кузовами-контейнерами для оснащення підрозділів АРФ з урахуванням специфіки оперативної обстановки, яка склалася в їх районах виїзду, а також забезпечує оптимальний розподіл технічних засобів у період їх часткового технічного обслуговування і ремонту.

З використанням системного підходу та враховуючи регламент проведення технічного обслуговування й ремонтів оперативних ТЗ було визначено чисельність резервних автомобілів-носіїв для підрозділів АРФ, а також чисельність кузовів-контейнерів типу 4. Запропонована система переїздів резервних автомобілів-носіїв по встановленому кільцевому маршруту, яка зумовлена необхідністю проведення технічного обслуговування і ремонтів оперативних ТЗ, що перебувають на чергуванні, дозволяє утримувати резерв автомобілів-носіїв на рівні до 16,1 % від загальної чисельності автомобілів щоденного оперативного розрахунку, загалом скоротивши чисельність резерву майже на 84 %.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу в галузі цивільного захисту – удосконалено підхід до забезпечення аварійно-рятувальних формувань транспортними засобами шляхом їх оснащення багатофункціональними кузовами-контейнерами.

За підсумками виконаної наукової роботи зроблено наступні висновки.

1. Аналіз локальних надзвичайних ситуацій в розвинутих країнах світу і в країнах Євросоюзу показує, що для скорочення часу реагування рятувальних підрозділів використовуються як спеціальна і багатофункціональна техніка на одній автомобільній основі, так і багатофункціональні контейнери, які встановлюються на різні автомобільні основи.

2. Особливості реагування і ліквідації локальних надзвичайних ситуацій полягають у використанні, головним чином, спеціальних автомобілів «класичного компонування» і використанні спеціалізованих технічних засобів тільки в аварійно-рятувальних загонах спеціального призначення. Найбільш перспективним для України, з метою скорочення часу реагування на локальні надзвичайні ситуації, є шлях створення багатофункціональних кузовів-контейнерів і оснащення ними територіальних підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

3. Розроблено математичну модель оцінки часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації, яка являє собою систему із чотирьох залежностей. Перша залежність визначає час реагування як добуток коефіцієнта логічного показника на суму трьох часових інтервалів. Друга залежність визначає перший часовий інтервал як залежність часу реагування від дистанції й середньої швидкості прямовання, а також коефіцієнта, який визначає рівень впливу характеристик маршруту руху вулично-дорожньою мережею на час прямовання підрозділів аварійно-рятувальних формувань до місця виникнення локальної надзвичайної ситуації. Третя залежність визначає другий часовий інтервал, який є

залежністю часу реагування від показників, які характеризують собою час, затрачений підрозділами аварійно-рятувальних формувань на подолання перешкод, що спричинені фізико-географічними умовами, а також часу прямування сил та засобів з підрозділу аварійно-рятувального формування по вулично-дорожній мережі населеного пункту до найбільш територіально віддаленої точки, яка знаходиться на кордоні відповідного адміністративно-територіального району і відноситься до району обслуговування цього підрозділу. Четверта залежність визначає час приведення в оперативну готовність підрозділу аварійно-рятувального формування як суму часу диспетчеризації, часу збору і виїзду та часу оперативного розгортання. Оптимізація роботи аварійно-рятувального формування може здійснюватися шляхом пошуку мінімального значення часу реагування.

4. Розроблено функціональну схему лабораторної установки та комплекс апаратно-програмних засобів, які реалізують запропоновану математичну модель оцінки часу реагування на локальні надзвичайні ситуації аварійно-рятувальних формувань при використанні ними багатофункціональних кузовів-контейнерів та дозволяють перевірити її адекватність. Функціональна схема розробленої лабораторної установки складається з восьми блоків, що розміщені на восьми рівнях, пов'язаних послідовними та ієрархічними зв'язками. За результатами всіх етапів комплексного чисельного експерименту, які виконувалися на лабораторній установці відповідно до методики проведення чисельних експериментів, було отримано залежності, що були апроксимовані рівняннями лінійної регресії, коефіцієнти яких перевірялися за критерієм Ст'юдента з надійністю 0,95. Адекватність регресійних моделей перевірялася за критерієм Фішера і забезпечує коефіцієнт кореляції не нижче 0,7, що підтверджує достовірність розробленої математичної моделі.

5. Розроблена методика визначення необхідних видів та чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу включає виконання трьох процедур, а саме: розрахунок показника приведеної чисельності автомобілів на виклик, визначення чисельності автомобілів-носіїв і знімних кузовів-контейнерів, перерозподіл автомобілів-носіїв і знімних кузовів-контейнерів по підрозділах аварійно-рятувальних формувань населеного пункту. Перед застосуванням розробленої методики необхідно спершу виконати два підготовчих етапи, а саме: проведення аналізу статистичних даних і перевірку умов застосування розробленої методики, а також визначення видів знімних кузовів-контейнерів. Описана методика дозволяє визначити види та чисельність багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів зі знімними кузовами-контейнерами для оснащення підрозділів аварійно-рятувальних формувань населеного пункту з урахуванням специфіки оперативної обстановки, яка склалася в їх районах виїзду, а також забезпечує оптимальний розподіл технічних засобів у період їх часткового технічного обслуговування і ремонту.

Основні результати дослідження були впроваджені в Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту та ГУ ДСНС України у Харківській області.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Монографії:

1. Шматко О. В., **Коваленко Р. И.** Разработка программного блока, предназначенного для оптимизации размещения пожарных и аварийно-спасательных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях города Харькова. *Информационные технологии в управлении, образовании, науке и промышленности*: монография / ред. В. С. Пономаренко. Харьков: Издатель Рожко С. Г., 2016. Разд. 6. С. 85–98.

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, розробка другого варіанта цільової функції оптимального розміщення оперативних транспортних засобів по підрозділах аварійно-рятувальних формувань, проведення розрахунків та аналіз отриманих результатів.

Статті у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз:

2. Ларін О. М., Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Дослідження параметрів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів міста Харкова на сучасному етапі для розробки програмного блоку «ПРОГНОЗ НС». *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2015. № 62 (1171). С. 77–83. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus та Ulrich's Periodicals).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, результати аналізу процесу оперативного функціонування аварійно-рятувальних формувань міста Харкова.

3. Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Оцінювання можливого ефекту від оснащення пожежно-рятувальних підрозділів м. Харкова багатофункціональними мобільними пожежно-рятувальними комплексами контейнерного типу. *Проблеми пожарной безопасности*. Харьков, 2017. Вып. 41. С. 74–80. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародної наукометричної бази Ulrich's Periodicals).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, результати оцінки можливого ефекту від оснащення аварійно-рятувальних формувань автомобілями-носіями зі знімними кузовами-контейнерами.

4. Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.**, Березовський О. І. Розробка організаційної системи проведення технічного обслуговування аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу на прикладі ДПРЧ міста Харкова. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Харків, 2017. Вип. 26. С. 56–62. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus та Ulrich's Periodicals).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, запропоноване обґрунтування системи проведення технічного обслуговування автомобілів-носіїв при обмеженій чисельності резерву оперативних транспортних засобів у підрозділах.

Статті у наукових фахових виданнях України:

5. **Коваленко Р. І.** Дослідження основних статистичних закономірностей процесу функціонування державних пожежно-рятувальних частин міста Харкова. *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков, 2016. Вып. 39. С. 129–136. (Стаття у науковому фаховому виданні України).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, результати аналізу процесу оперативного функціонування аварійно-рятувальних формувань міста Харкова, а також результати перевірки статистичних гіпотез про пуассонівський характер потоку викликів, який надходить до підрозділів.

6. Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Статистичне дослідження характеру небезпечних подій, які виникають в місті Харкові. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2017. № 135. С. 159–166. (Стаття у науковому фаховому виданні України).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, результати аналізу процесу оперативного функціонування аварійно-рятувальних формувань міста Харкова, а також результати перевірки статистичних гіпотез про пуассонівський характер потоку викликів, який надходить до підрозділів.

7. **Коваленко Р. І.** Розробка способу визначення необхідної кількості багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу для комплектування транспортних засобів аварійно-рятувальних формувань. *Науковий вісник: цивільний захист та пожежна безпека*. Київ, 2017. №2 (4). С. 40–46. (Стаття у науковому фаховому виданні України).

8. Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Розробка математичної моделі визначення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації. *Пожежна безпека*. Львів, 2017. № 31. С. 43–48. (Стаття у науковому фаховому виданні України).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, а також розроблена математична модель визначення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації.

9. **Коваленко Р. І.** Розробка функціональної схеми лабораторної установки для оцінювання часу реагування на локальні надзвичайні ситуації. *Комунальне господарство міст*. Харків, 2018. № 140. С. 40–45. (Стаття у науковому фаховому виданні України).

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав з наряду, з якого підготовлено дисертацію:

10. Ларин А. Н., Калиновский А. Я., **Коваленко Р. И.** Проблемы использования геоинформационных технологий в пожарно-спасательных

подразделениях Украины. *Вестник Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан*. Кокшетау, 2015. № 2 (18). С. 10–15. (Стаття у закордонному науковому виданні за фахом).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, результати аналізу відомих геоінформаційних систем, які використовуються у діяльності аварійно-рятувальних формувань.

11. Ларин А. Н., Калиновский А. Я., **Коваленко Р. И.** Анализ путей сокращения времени прибытия пожарно-спасательных подразделений на вызов. *Чрезвычайные ситуации: образование и наука*. Гомель, 2016. Т. 11. № 1. С. 88–94. (Стаття у закордонному науковому виданні за фахом).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, аналіз останніх досліджень і публікацій, результати аналізу шляхів скорочення часу прямування сил та засобів від місця постійної дислокації до місця ліквідації локальних надзвичайних ситуацій.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

12. Ларін О. М., Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Перспективи впровадження пожежно-рятувальних автомобілів контейнерного типу в оперативну діяльність рятувальних підрозділів. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: зб. наук. праць VIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Вінниця, ВНТУ, 19–21 жовтня 2015 р. Вінниця, 2015. С. 93–96. (Форма участі – заочна).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, а також результати аналізу основних переваг багатofункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу в порівнянні з пожежно-рятувальними автомобілями «класичного компонування».

13. **Коваленко Р. И.**, Калиновский А. Я. Исследование основных причин и закономерностей возникновения чрезвычайных ситуаций в больших городах на примере города Харькова. *Казахстан в новой глобальной реальности: рост, реформы, развитие*: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. научное обеспечение безопасной жизнедеятельности. г. Кокшетау, КТИ КЧС МВД РК, 25 марта 2016 г. Кокшетау, 2016. С. 150–153. (Форма участі – заочна).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, а також результати досліджень ступеня впливу чинників, які впливають на чисельність локальних надзвичайних ситуацій, що виникають на території населених пунктів.

14. Калиновський А. Я., Шматко О. В., **Коваленко Р. І.** Використання АСУ та геоінформаційних систем в оперативній діяльності пожежно-рятувальних підрозділів. *Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії*: тези доповідей VIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, ХНЕУ ім. Семе́на Кузне́ця, 28–29 квітня 2016 р. Харків, 2016. С. 65. (Форма участі – заочна).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, а також результати аналізу відомих геоінформаційних систем, які використовуються у діяльності аварійно-рятувальних формувань.

15. Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Обґрунтування необхідних типів автомобілів контейнерного типу в державних пожежно-рятувальних підрозділах міста Харкова. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Черкаси, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 19–20 травня 2016 р. Черкаси, 2016. С. 53–55. (Форма участі – заочна).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, а також запропоноване обґрунтування видів знімних кузовів-контейнерів для підрозділів аварійно-рятувальних формувань міста Харкова.

16. Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Розробка механізму перерозподілу спеціальної техніки між пожежно-рятувальними підрозділами. *Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи*: зб. матеріалів наук.-практ. семінару, м. Харків, НУЦЗУ, 19 квітня 2017 р. Харків, 2017. С. 90–92. (Форма участі – очна).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, а також розроблена цільова функція перерозподілу оперативних транспортних засобів по підрозділах аварійно-рятувальних формувань з урахуванням специфіки потоку викликів, який до них надходить.

17. Калиновський А. Я., **Коваленко Р. І.** Побудова концептуальної моделі функціонування транспортно-логістичної контейнерної системи постачання засобів та оснащення для проведення пожежогасіння та аварійно-рятувальних робіт. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій*: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Черкаси, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 18–19 травня 2017 р. Черкаси, 2017. С. 41–42. (Форма участі – заочна).

Здобувачу особисто належить постановка задачі, а також запропонована організаційно-логічна схема контейнерної доставки спеціального оснащення та засобів пожежогасіння до місць проведення оперативних робіт.

18. **Коваленко Р. І.** Розробка методичного підходу до визначення чисельності оперативних транспортних засобів при комплектуванні ними підрозділів аварійно-рятувальних формувань. *Пожежна безпека: проблеми та перспективи*: зб. тез доповідей Всеукраїнської наук.-практ. конф., м. Харків, НУЦЗУ, 1–2 березня 2018 р. Харків, 2018. С. 106–108. (Форма участі – очна).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

19. **Kovalenko R. I.** Improvement of the method of determining the number and nomenclature of the park of cars in fire-related surfaces of the city at the example of the city of Kharkov. *East European Scientific Journal*. Warsaw, 2017. №9(25). Part 1. P. 48–56.

АНОТАЦІЯ

Коваленко Р.І. Скорочення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації шляхом використання багатофункціональних кузовів-контейнерів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.02.03 «цивільний захист» (21 – національна безпека). – Національний університет цивільного захисту України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Харків, 2018.

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу в галузі цивільного захисту – удосконалено підхід до забезпечення аварійно-рятувальних формувань транспортними засобами шляхом їх оснащення багатофункціональними кузовами-контейнерами.

Вперше було розроблено математичну модель оцінки часу реагування на локальні надзвичайні ситуації аварійно-рятувальних формувань при використанні ними багатофункціональних кузовів-контейнерів.

Розроблено функціональну схему лабораторної установки та комплекс апаратно-програмних засобів, які реалізують запропоновану математичну модель оцінки часу реагування на локальні надзвичайні ситуації аварійно-рятувальних формувань при використанні ними багатофункціональних кузовів-контейнерів та дозволяють дослідити вплив на час реагування ряду важливих факторів.

У роботі також було розроблено методику визначення необхідних видів і чисельності багатофункціональних мобільних аварійно-рятувальних комплексів контейнерного типу, яка дозволяє встановити потребу аварійно-рятувальних формувань у даному виді техніки з урахуванням оперативно-тактичної обстановки в районах їх виїзду.

Ключові слова: час реагування, локальна надзвичайна ситуація, аварійно-рятувальне формування, аварійно-рятувальні роботи, знімний кузов-контейнер, оперативний транспортний засіб.

АННОТАЦИЯ

Коваленко Р.И. Сокращение времени реагирования аварийно-спасательных формирований на локальные чрезвычайные ситуации путем использования многофункциональных кузовов-контейнеров. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.02.03 «гражданская защита» (21 – национальная безопасность). – Национальный университет гражданской защиты Украины, Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям, Харьков, 2018.

Впервые была разработана математическая модель оценки времени реагирования на локальные чрезвычайные ситуации аварийно-спасательных

формирований при использовании ими многофункциональных кузовов-контейнеров.

Разработана функциональная схема лабораторной установки и комплекс аппаратно-программных средств, которые позволяют реализовать предложенную математическую модель оценки времени реагирования на локальные чрезвычайные ситуации аварийно-спасательных формирований при использовании ими многофункциональных кузовов-контейнеров и дают возможность исследовать влияние на время реагирования ряда важных факторов.

В работе также была разработана методика определения необходимых видов и численности многофункциональных мобильных аварийно-спасательных комплексов контейнерного типа, которая позволяет установить потребность аварийно-спасательных формирований в данном виде техники с учетом оперативно-тактической обстановки в районах их выезда.

Ключевые слова: время реагирования, локальная чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательное формирование, аварийно-спасательные работы, съемный кузов-контейнер, оперативное транспортное средство.

ABSTRACT

Kovalenko R.I. Reducing the response time of emergency rescue units to local emergencies using multifunctional body-containers. – Qualifying research paper, manuscript copyright.

Dissertation for the degree of a Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 21.02.03 «civil defense» (21 – national security). – National University of Civil Protection of Ukraine, State Emergency Service of Ukraine, Kharkiv, 2018.

In the dissertation the important scientific and practical task in the field of civil defense was solved – the approach to provision of emergency rescue units with the vehicles by their equipping with multifunctional body-containers was improved.

Analysis of local emergencies in developed countries and in the European Union shows that in order to reduce the response time of rescue units, both special and multifunctional vehicles are used on a single automobile basis, as well as multipurpose containers, which are installed on different automobile bases.

The peculiarities of response and liquidation of local emergencies in Ukraine are mainly in using of specialized vehicles of the «classical assembly» and in using of specialized technical equipment only in emergency rescue units of special purpose, which quantity is limited. Due to the lack of technical support of most subdivisions of emergency rescue units, the task assigned to them is to increase the duration of their response to local emergencies. The most promising for Ukraine, in order to reduce the response time to local emergencies, is the way to create multifunctional body-containers and equip them the territorial units of emergency-rescue service of civil defense with them.

In the dissertation, a mathematical model for assessing the response time of emergency rescue units to local emergencies was developed for the first time. It is a system of four dependencies. The first dependence defines the response time as the

product of the logic coefficient to the sum of three time intervals. The second dependence defines the first time interval as the dependence of the reaction time from the distance and the average speed, as well as the coefficient, which determines the level of influence of the characteristics of the route of the traffic network on the time of the movement of emergency rescue units to the place of occurrence of a local emergency. The third dependence determines the second time interval, which is the dependence of the response time on the indicators that characterize the time taken by the emergency rescue units to overcome the obstacles caused by the physical and geographical conditions, as well as the time of the passage of forces and means of emergency rescue unit by the street-road network of the settlement to the most territorially remote point, which is located on the border of the corresponding administrative-territorial area and belongs to the service district of this unit. The fourth dependence determines the time when the emergency rescue unit is being prepared for operational readiness as the amount of scheduling time, time of collection and departure, and operational deployment time.

For the first time a functional scheme of a laboratory installation and a complex of hardware and software tools were developed that implement the proposed mathematical model for assessing the response time to local emergency situations of emergency rescue units with the use of multi-functional body-containers and allows to investigate the impact on the response time of the following factors: distance and average speed of direction, as well as a coefficient that determines the level of influence of the characteristics of the route of traffic on the road network for the time of subdivisions movement to a local emergency; physical and geographical conditions of the region and time for the implementation of engineering measures by the subdivisions of emergency rescue units in relation to the preparation of the route to the place of liquidation of a local emergency; the time of bringing emergency rescue units into operational readiness.

The dissertation includes also the method of determining the necessary types and number of multi-functional mobile emergency-rescue complexes of container type developed for the first time. This method allows establishing the need for emergency rescue units in this type of equipment, taking into account the operational-tactical situation in their departure areas. This methodology has practical significance, which is confirmed by the relevant implementation certificates.

A comprehensive numerical experiment was conducted to verify the assurance of a mathematical model for estimating the response time of emergency rescue units to local emergency situations, using a developed laboratory facility. Dependences obtained on the results of a complex numerical experiment were approximated by the linear regression equations, coefficients of which were tested according to Student's test with a reliability of 0,95. The adequacy of regression models was checked by Fisher's test and provides a correlation coefficient of not less than 0,7, which confirms the reliability of the developed mathematical model.

Key words: response time, local emergency, emergency rescue unit, emergency rescue works, removable body-container, emergency vehicle.

Підписано до друку 02.07.2018 р. Формат 60х84/16.
Папір 80 г/м.² Друк цифровий. Ум. друк. арк. 0,9.
Наклад 120 прим. Зам. № 12/8.
Надруковано ФОП Кучерявенко О.А.
м. Харків, вул. Лозівська, 5.

