

## АНОТАЦІЯ

*Михайловська Ю.В.* Підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів шляхом оптимізації ресурсного забезпечення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 – цивільна безпека – Національний університет цивільного захисту України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Харків, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі у галузі цивільного захисту – розробці організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів в інтересах підвищення ефективності реагування на такі надзвичайні ситуації з урахуванням невизначеності параметрів та стану зовнішнього середовища надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

**У вступі** подано загальну характеристику дисертаційної роботи. Обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовано мету роботи та основні завдання дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами. Наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію роботи та публікації.

**У першому розділі** СТАН НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ТА РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИЛ ТА ЗАСОБІВ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ВНАСЛІДОК ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ проведений аналіз нормативної бази України з питань ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі внаслідок вибухів на арсеналах, складах боєприпасів. Визначені причини виникнення, особливості та характер динаміки надзвичайних ситуацій, що розглядаються, в світі та в Україні. Проаналізовані наявні методики розрахунку сил та засобів для локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій даного типу. Визначено важливість розгляду проблеми ресурсного забезпечення процесу реагування на надзвичайні

ситуації із застосуванням формальних підходів для вибору оптимального регламенту проведення оперативно-рятувальних операцій і підвищення ефективності управлінських рішень. Виконано аналітичний огляд сучасного стану проблеми організації та оптимізації ресурсного забезпечення робіт з реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів.

**У другому розділі РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ВНАСЛІДОК ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ** наведено подання територіальної системи цивільного захисту як логістичної системи. На основі формалізації процесу розподілу матеріальних ресурсів системи цивільного захисту при організації реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів у вигляді ієрархічної графової моделі обґрунтовано необхідність та визначено місце мобільних центрів допомоги в даній ієрархії, що закладає організаційну основу підвищенню ефективності безпосереднього керівництва оперативно-рятувальними роботами.

Здійснено розробку та аналіз узагальненої математичної моделі оптимізації ресурсів територіальної системи цивільного захисту як логістичної системи. Розроблена математична модель є багатокритеріальною задачею умовної нелінійної оптимізації, що припускає декомпозицію на сукупність підзадач більш простої структури. В рамках даної моделі розглянуто задачу покриття потреби в ресурсах під час ліквідації наслідків надзвичайної ситуації такого типу, що є просторово-розподіленою. Задача, що розглядається, вирішується за рахунок розміщення на границі зони надзвичайної ситуації певної кількості тимчасових мобільних центрів допомоги визначеної потужності.

**У третьому розділі РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ВНАСЛІДОК ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ** визначено оцінку рівня техногенної безпеки території потенційної надзвичайної ситуації техногенного характеру з урахуванням невизначеності місця, часу та рівня надзвичайної ситуації на основі аналізу наявних

статистичних даних та узагальнення думок експертів з числа практичних фахівців у галузі цивільного захисту. Проведено аналіз якісної та кількісної шкал оцінювання, що пов'язують рівень техногенної безпеки та ризик реалізації різних видів небезпеки. Наведено розв'язання оптимізаційної задачі підвищення рівня техногенної безпеки території як необхідної складової процесу визначення оптимальних обсягів ресурсного забезпечення реагування на такі надзвичайні ситуації. Розглянуті особливості задачі, що впливають з аналізу практичної діяльності територіальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Представлена чисельна реалізація побудованої оптимізаційної задачі підвищення рівня техногенної безпеки території.

Проведено формалізацію складових ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру із застосуванням нечітко множинного підходу.

Розроблено управляючий алгоритм формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів на основі сценарного підходу, що є складовою організаційно-технічного методу розв'язання оптимізаційної задачі ресурсного забезпечення етапів реагування на надзвичайні ситуації такого типу. В рамках сценарного підходу визначені можливі алгоритми дії територіальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій з ліквідації надзвичайної ситуації техногенного характеру та відповідні обсяги ресурсного забезпечення оперативно-рятувальних робіт. При цьому невизначеність в завданні вхідних параметрів сценарію опрацьовується із застосуванням нечітко-множинного підходу, і кожен сценарій є детермінованою реалізацією на основі оптимізаційної моделі ресурсного забезпечення.

Наведено опис процедури алгоритмічної реалізації детермінованої складової організаційно-технічного методу ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів. Для цього розроблено алгоритм розв'язання задачі визначення параметрів оптимального розміщення множини мобільних центрів допомоги на дискретній множині

припустимих значень, а також алгоритм розв'язання задачі визначення множини оптимальних шляхів транспортування ресурсів.

**У четвертому розділі ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ВНАСЛІДОК ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ** розроблено пропозиції щодо інформаційного забезпечення реалізації організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації. Визначено залежність ефективності проведення рятувальних операцій від стану транспортної мережі зони ураження. Представлено укрупнені етапи реалізації організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації на основі реалізації сценарного підходу до прогнозування обсягів необхідних матеріальних ресурсів.

Запропоновано структурну схему прогнозної моделі ресурсного забезпечення як сукупності абстрактних взаємопов'язаних елементів, які описують функції інформаційної системи, що проектується для підтримки організаційно-технічного методу, можливі варіанти її використання та ознаки інформації, що циркулює в системі.

Наведено особливості чисельного моделювання та доведено достовірність організаційно-технічного методу послідовно за кроками його реалізації. Визначені характеристики та параметри розподілу вхідних даних, наведені результати чисельних експериментів щодо побудови множини сценаріїв на прикладі надзвичайних ситуацій, пов'язаних з вибухами на складах боєприпасів у м. Балаклія Харківської області 23 березня 2017 р. та у с. Новобогданівка Запорізької області 06 травня 2004 р. Достовірність розроблених математичних та імітаційних моделей та розробленого на цій основі організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування забезпечено використанням достовірних вихідних даних, що отримані за результатами теоретичних і експериментальних досліджень, обґрунтованим вибором основних допущень.

Практичне застосування організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів та введення у практику рятувальних робіт мобільних центрів допомоги дозволило на певних кроках реалізації методу знизити загальний час доставки вантажів – на 30,2 % та загальний час евакуації постраждалого населення – на 55 %.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

*Вперше розроблено багатокритеріальну математичну модель ресурсного забезпечення реагування на просторово-розподілену надзвичайну ситуацію внаслідок вибухів боєприпасів на основі подання територіальної системи цивільного захисту як логістичної системи, що включає визначення сукупності трьох частинних критеріїв ефективності використання наявних ресурсів, таких як час, вартість доставки необхідних вантажів та рівень задоволення потреби населення зони ураження щодо предметів життєзабезпечення за умови обмеженості ресурсів.*

*Вперше розроблений організаційно-технічний метод розв'язання оптимізаційної задачі ресурсного забезпечення етапів реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів на основі реалізації сценарного підходу до прогнозування ресурсного забезпечення, що включає декомпозицію основної оптимізаційної задачі дві підзадачі: на розміщення мобільних центрів допомоги, як дискретної задачі розміщення геометричних об'єктів із змінними метричними характеристиками, та задачі доставки вантажів і евакуації постраждалих.*

*Вперше побудований апаратно-програмний комплекс визначення множини сценаріїв розвитку потенційної надзвичайної ситуації, що уможливорює створення інформаційного середовища прийняття ефективного управлінського рішення щодо плану реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів.*

**Практичне значення отриманих результатів.** Наукові результати дисертаційної роботи є подальшим розвитком конструктивних засобів розв'язання задач підвищення ефективності реагування на надзвичайні

ситуації внаслідок вибухів на арсеналах, складах боєприпасів в умовах невизначеності зовнішнього середовища за рахунок оптимального розподілу обмежених ресурсів, визначення маршрутів евакуації постраждалих і доставки вантажів та можуть бути використані при побудові планів з питань цивільного захисту території та організації їх розроблення.

Інструментальні засоби оптимального використання обмежених ресурсів, що розвиваються в роботі, дозволяють вирішувати різноманітні завдання управління діяльністю єдиної державної системи цивільного захисту в цілому та об'єднати суб'єкти забезпечення цивільного захисту та підпорядковані їм органи управління і сили.

Результати роботи можуть стати основою створення організаційно-розпорядчих документів щодо дій територіальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій в разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок вибухів на арсеналах, складах боєприпасів та визначення кількісної оцінки ефективності ліквідації їх наслідків.

Розроблений в роботі організаційно-технічний метод формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації може стати основою для визначення обсягів матеріальних резервів територіальних громад, що в сучасних умовах децентралізації набуває особливого значення.

Основні результати дисертаційного дослідження були впроваджені в підрозділах Головного управління ДСНС України в Харківській області та в Департаменті цивільного захисту, мобілізаційної та оборонної роботи Донецької обласної державної адміністрації, а також в навчальному процесі Національного університету цивільного захисту України.

**Ключові слова:** реагування, надзвичайні ситуації внаслідок вибухів на арсеналах, складах боєприпасів, ефективність ліквідації наслідків, оптимальний розподіл обмежених ресурсів, оптимізація маршрутів евакуації постраждалих і доставки вантажів.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

### Монографії:

1. Чуб І. А., Гудак Р. В., Михайловська Ю. В. Оптимізація транспортних витрат при ліквідації просторово-розподіленої надзвичайної ситуації. Інформаційні технології в міському просторі: монографія / ред. М. В. Новожилова. Харків: ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 2019. Розділ 12. С. 303–330.

*Здобувачу особисто належить теоретико-множинний опис логістичної системи, введення ієрархії взаємозалежних оптимізаційних задач розміщення та маршрутизації в структурі задачі оптимізації транспортних витрат.*

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

2. Новожилова М. В., Чуб І. А., Михайловська Ю. В. Формалізація задачі ресурсного забезпечення ліквідації техногенної надзвичайної ситуації. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків, 2017. № 25. С. 153–158. (Видання включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Ulrich's Periodicals).

*Здобувачу особисто належить побудова та аналіз узагальненої детермінованої математичної моделі оптимізації ресурсів територіальної системи цивільного захисту як логістичної системи.*

3. Новожилова М. В., Чуб І. А., Гудак Р. В., Михайловська Ю. В. Розв'язання задачі покриття потреби в ресурсах при ліквідації надзвичайних ситуацій. Радіоелектроніка та інформатика. Харків, 2019. – 1(84). № 1. С. 64–70. (Видання включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar).

*Здобувачу особисто належить опис задачі покриття потреби в ресурсах при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру як задачі логістики катастроф, обґрунтування алгоритму зведення задачі покриття до задачі розміщення геометричних об'єктів зі змінними метричними характеристиками.*

4. Новожилова М. В., Чуб О. І., Михайловська Ю. В., Гудак Р. В., Мележик Р. С. Розробка ієрархічної стратегії підвищення рівня техногенної безпеки території. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків, 2019. № 2(30). С. 164–175. (Видання включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Ulrich's Periodicals).

*Здобувачу особисто належить розробка оптимізаційної математичної моделі та методу розв'язання задачі підвищення рівня техногенної безпеки регіону в межах програми розвитку територіальної системи цивільного захисту з урахуванням її ієрархічної структури.*

5. Новожилова М. В., Михайловська Ю. В. Розробка організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків, 2020. № 2(32). С. 56-71. (Видання включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Ulrich's Periodicals).

*Здобувачу особисто належить розробка структури організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації.*

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

6. Чуб І. А., Новожилова М. В., Михайловська Ю. В., Гудак Р. В. Моделювання задачі розміщення ресурсів для ліквідації надзвичайної ситуації. Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. Budapest, Hungary, 2019. VII(26). Issue 215. P. 32–35. (Видання включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar).



*Здобувачу особисто належить постановка задачі розміщення ресурсів для ліквідації надзвичайної ситуації техногенного характеру як задачі розміщення геометричних об'єктів зі змінними метричними характеристиками, введення алгоритму розв'язання задачі розміщення ресурсів.*

### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

7. Чуб І. А., Михайловська Ю. В. Аналіз статистичних і динамічних моделей ресурсного забезпечення задачі мінімізації наслідків надзвичайної ситуації. Профілактика, попередження та ліквідація надзвичайних ситуацій: збірник матеріалів наук.-практ. семінару, м. Харків, НУЦЗУ, 19 квітня 2017 р. Харків, 2017. С. 156–158. (Форма участі – очна).

*Здобувачу особисто належить класифікація особливостей ресурсного забезпечення задачі мінімізації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру, опис характеристик та представлення їх як векторних величин з множиною упорядкованих параметрів невизначеності.*

8. Новожилова М. В., Михайловська Ю. В., Гудак Р. В. Моделювання розподілу ресурсів при ліквідації надзвичайної ситуації. Інформаційні системи та технології ІСТ-2017: матеріали 6-ї Міжнар. наук.-практ. конф., м. Коблево, 11–16 вересня 2017 р. Харків, 2017. С. 70–71. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить проведення декомпозиції моделі визначення необхідних ресурсів щодо локалізації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру на три взаємопов'язані підзадачі, опис основних величин задач.*

9. Чуб І. А., Михайловська Ю. В., Мележик Р. С. Прогнозування ресурсного забезпечення ліквідації техногенної надзвичайної ситуації. Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: матеріали 19 Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ: ІДУЦЗ, 10–11 жовтня 2017 р. Київ, 2017. С. 469–472. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить розробка принципів декомпозиції прогнозної моделі ресурсного забезпечення для ліквідації надзвичайних ситуацій на стратегічному рівні та рівні оперативного планування.*

10. Михайловська Ю. В. Оптимізація ресурсів системи техногенної безпеки регіону у режимі техногенної надзвичайної ситуації. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених, м. Харків, НУЦЗУ, 01 березня 2018 р. Харків, 2018. С. 347. (Форма участі – очна).

*Здобувачу особисто належить опис множини критеріїв ефективності функціонування територіальної системи техногенної безпеки, побудова узагальненої моделі оптимізації ресурсів системи цивільного захисту.*

11. Чуб І. А., Михайловська Ю. В., Гудак Р. В. Визначення структури сил ліквідації надзвичайної ситуації на основі розв'язання задачі про покриття. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф., м. Черкаси, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 18–19 травня 2018 р., м. Черкаси, 2018. С. 217–218. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить реалізація сценарного підходу для вирішення задачі стратегічного планування процесу розподілу ресурсного забезпечення ліквідації надзвичайної ситуації, опис алгоритму дій територіальних служб з надзвичайних ситуацій.*

12. Чуб І. А., Михайловська Ю. В. Моделювання обсягів ресурсів щодо ліквідації надзвичайних ситуацій в умовах невизначеності: Інформаційні системи та технології ІСТ-2018: матеріали 7-ї Міжнар. наук.-практ. конф., м. Коблево, 10–15 вересня 2018 р. Харків, 2018. С. 267–269. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить структурна ідентифікація характеристик та локацій можливої надзвичайної ситуації техногенного характеру, опис підходу для формалізації якісних та кількісних характеристик інформації.*

13. Новожилова М. В., Чуб О. І., Михайловська Ю. В. Моделювання параметрів логістичної інфраструктури території в умовах ліквідації

надзвичайних ситуацій. Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: тези доп. ІХ Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, ЗНТУ, 03–05 жовтня 2018 р. Запоріжжя, 2018. С. 259–260. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить формалізація нечітких множин вхідних та вихідних змінних задачі оптимізації територіальної логістичної інфраструктури, побудова нечіткої бази знань щодо визначення рівня потреби у ресурсах.*

14. Чуб І. А., Михайловська Ю. В. Розподіл ресурсного забезпечення ліквідації надзвичайної ситуації як задача про покриття. Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: матеріали 20 Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ: ІДУЦЗ, 9–10 жовтня 2018 р. Київ, 2018. С. 479–481. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить побудова оптимізаційної моделі планування процесів розподілу та зберігання необхідного обсягу ресурсного забезпечення ліквідації надзвичайної ситуації техногенного характеру на певній території.*

15. Чуб І. А., Новожилова М. В., Михайловская Ю. В., Гудак Р. В. Структурная идентификация задачи ресурсного обеспечения ликвидации последствий чрезвычайной ситуации в условиях неопределенности. Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., г. Кишинев, Республика Молдова, АТИК, 12–16 ноября 2018 р. г. Кишинев, 2018. С. 394–397. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить класифікація типів ресурсного забезпечення, узагальнена постановка задачі оптимізації ресурсів територіальної системи цивільного захисту.*

16. Чуб І. А., Михайловська Ю. В. Ієрархічна стратегія підвищення рівня техногенної безпеки території району. Topical issues of the development of modern science: тези доповідей I Міжнар. наук.-практ. конф., м. Софія, 18–20 вересня 2019 р., м. Софія, Болгарія, 2019. С. 249–254. (Форма – заочна).

*Здобувачу особисто належить постановка просторово-розподіленої задачі покриття потреби в ресурсах при ліквідації надзвичайної ситуації техногенного характеру, обґрунтовано алгоритм зведення задачі покриття до задачі розміщення геометричних об'єктів з урахуванням стану транспортних мереж території.*

17. Чуб І. А., Михайловська Ю. В. Підвищення рівня техногенної безпеки регіону в умовах обмеженого ресурсного забезпечення. Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: матеріали 21 Всеукр. наук.-практ. конф. (за між нар. участю), м. Київ, ІДУЦЗ, 8 жовтня 2019 р. Київ, 2019. С. 304–305. (Форма участі – очна).

*Здобувачу особисто належить постановка двокритеріальної задачі підвищення рівня техногенної безпеки регіону, опис особливостей задачі та параметрична ідентифікація.*

18. Чуб І. А., Михайловська Ю. В. Розміщення геометричних об'єктів зі змінними метричними характеристиками. Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням: матеріали круг. столу, м. Харків, НУЦЗУ, 24 жовтня 2019 р. Харків, 2019. С. 132–134. (Форма участі – очна).

*Здобувачу особисто належить створення наближеного методу розв'язання оптимізаційної задачі розміщення прямокутних геометричних об'єктів зі змінними метричними характеристиками.*

19. Мележик Р. С., Михайловська Ю. В. Проектування системи підтримки прийняття рішень з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру Інформаційні технології: Теорія і практика: тези доповідей III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. здобув. вищої освіти і молодих учених, м. Харків, ХНУМГ імені О. М. Бекетова 10–13 травня 2020 р. м. Харків, 2020. С. 72. (Форма участі – заочна).

*Здобувачу особисто належить характеристика етапів проектування системи підтримки прийняття рішень з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру, опис типів невизначеностей та їхнього впливу на процес проектування інформаційної системи.*

## SUMMARY

Mykhailovska Yu.V. Improving response efficiency on emergencies with ammunition explosions by resourcing optimization. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for Candidate of Science Degree in Specialty 263 – civil safety. – National University of Civil Defence of Ukraine, State Emergency Service of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The dissertation is intended to solve an important scientific and practical problem in the field of civil safety, namely to create an organizational and technical method of forming resources for response to emergencies with ammunition explosions in order to improve the emergency response efficiency taking into account environmental uncertainty.

The introduction presents a general description of the dissertation. The relevance of the dissertation topic is substantiated, the purpose of the work and the main tasks of the research are formulated, the connection of work with scientific programs is shown. Data on the applicant's personal contribution, approbation of work and publication are given.

**In the first section** of the STATE OF REGULATORY AND RESOURCING RESPONSE FORCES AND MEANS TO EMERGENCIES WITH AMMUNITION EXPLOSIONS the analysis of the Ukrainian normative base on liquidation of emergency consequences, including emergencies with ammunition explosions, is carried out. The causes, features and nature of the dynamics of emergencies under consideration in the world and in Ukraine are identified. The available methods defining forces and means for emergency localization and liquidation are analyzed. The importance of considering the resourcing problem of the emergency response process using formal approaches to select the optimal regulations for operational and rescue operations and increase the effectiveness of management decisions is determined. An analytical review of the current state of organization and optimization solutions concerning the resourcing response to emergencies with ammunition explosions has been presented.

**In the second section DEVELOPING MODELS OF RESOURCING RESPONSE TO EMERGENCIAS WITH AMMUNITION EXPLOSIONS** the presentation of the territorial civil defence system as a logistics system is worked out. Formalization of the distribution process of material resources of the civil defence system within organization of emergency response to munitions explosions in the form of a hierarchical graph model allows determining the necessity and the place of mobile assistance centers in this hierarchy.

The construction and analysis of the generalized mathematical model of optimization of the civil defence territorial system resources as a logistic system is carried out. The proposed mathematical model is a multicriteria problem of conditional nonlinear optimization, which involves decomposition into a set of subproblem of simpler structure. Within the framework of this model, the problem of covering the need for resources during the elimination of the consequences of an emergency of this type, which is spatially distributed, is considered. The problem being considered is solved by placing a certain number of temporary mobile assistance centers of a definite capacity on the affected area.

**In the third section DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL METHOD OF RESOURCING RESPONSE TO EMERGENCIAS WITH AMMUNITION EXPLOSIONS** we define assessment of technological safety of potential man-made emergency area with the uncertainty of place, time and level of emergency using analysis of available statistical data and generalization experts' opinions who are practical specialists in the field of civil defence. Performed is analysis of the qualitative and quantitative assessment scales that tie together the level of man-made safety and the risk of different types of hazards. Given is the solution of the optimization problem of increasing the level of technogenic safety of the territory as a necessary component of the process of determining the optimal resourcing response to such emergencies. Problem peculiarities arising from the analysis of practical activity of territorial subdivisions of the State Emergency Service of Ukraine are considered. The numerical realization of the constructed optimization problem intended to increase the technogenic safety level of the territory is presented.

Formalization of resourcing components to man-made emergencies response using fuzzy multiple approach is carried out.

A control algorithm for resource formation to emergency response with munitions explosions based on the scenario approach, which is part of the organizational and technical method to solve the optimization problem of resourcing of emergency response stages of this type. Within the framework of the scenario approach, possible action algorithms to territorial subdivisions of the State Service of Ukraine for Emergencies on man-made emergency liquidation and corresponding volumes of resourcing rescue operations are determined. In this case, the uncertainty in the input parameters of the scenario is processed using a fuzzy-multiple approach, and each scenario is a deterministic implementation based on the resourcing optimization model.

An algorithmic procedure description of the deterministic component of the organizational and technical method of resourcing for emergency response with ammunition explosions is given. To do this, an algorithm for solving the problem of determining the optimal location parameters of the mobile help centers on a allowable discrete set, as well as an algorithm for solving the problem of determining the set of optimal ways of transporting resources have been worked out.

**The fourth section PROPOSALS ON THE PRACTICAL IMPLEMENTATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL METHOD OF FORMING RESOURCING RESPONSE TO EMERGENCIES WITH AMMUNITION EXPLOSIONS** contains suggestions regarding information support implementing organizational and technical method that forms resourcing for response to emergencies. The dependence of the efficiency of rescue operations on the state of the transport network of the affected area is determined. The enlarged stages of organizational and technical method of formation of resourcing response and liquidation of emergency consequences on the basis of realization of the scenario approach to forecasting necessary material resources are presented.

The structural scheme of the forecast model of resourcing as a set of abstract interconnected elements describing functions of a system being projected as to

support of organizational and technical method, possible variants for using the systems, features of the information circulating in the system.

Peculiarities of numerical modeling are given and the organizational and technical method reliability is proved sequentially according to the steps of its implementation. The results of numerous experiments on the construction of many scenarios on the example of emergencies, which includes explosions at an ammunition depot in Balaklia, Kharkiv region, on March 23, 2017 and in the village of Novobohdanivka, Zaporizhia region, on May 6, 2004. The reliability of the developed mathematical and simulation models and created on this basis the organizational and technical method of forming the resourcing response is ensured by the use of reliable initial data obtained from theoretical and experimental studies, reasonable choice of basic assumptions.

The practical application of the organizational and technical method of formation of resourcing response to emergencies with ammunition explosions and the introduction of rescue operations of mobile assistance centers allowed at certain steps to reduce the total delivery time - by 30.2% and the total evacuation time of the affected population – by 55%.

#### **Scientific novelty of the obtained results.**

For the first time, a multi-criteria mathematical model of resource response to spatially distributed emergencies with ammunition explosions was created based on the presentation of the territorial civil defence system as a logistics system, including a set of three partial criteria for efficient use of available resources, such as time, cost of delivery and satisfaction the needs of the population of the affected area for livelihoods, given the limited resources.

For the first time, worked out is the organizational and technical method for solving the optimization problem of resourcing response stages to emergency with munitions explosions based on the implementation of a scenario approach to resource forecasting, including decomposition of the main optimization problem into two subproblems: placement of mobile assistance centers as a discrete problem



of placing geometric objects with variable metric characteristics, and the problem of delivery of goods and evacuation of victims.

For the first time, a hardware-software complex for determining a set of scenarios for the development of a potential emergency has been built, which enables the creation of an information environment for making an effective management decision on the response plan on emergencies with ammunition explosions.

### **The practical significance of the results.**

The scientific results of the dissertation are further development of constructive means of solving problems of improving the response efficiency of emergency with explosions in arsenals, ammunition depots in conditions of environmental uncertainty due to optimal allocation of limited resources, determining routes for evacuation and delivery of goods and can be used in plans for civil defence of the territory and the organization of their development.

The tools for optimal use of limited resources, which are developed in the thesis, allow solving various tasks of management of the unified state system of civil defence as a whole and to unite the subjects of civil protection and subordinate governing bodies and forces.

The results of the work can be the basis for the creating organizational and administrative documents on the actions of territorial units of the SES in case of threat or emergency with explosions in arsenals, ammunition depots and quantify the effectiveness of liquidation of their consequences.

The organizational and technical method of resourcing for response to emergency situations constructed in work can become a basis for definition of values of material reserves of territorial communities that in modern conditions of decentralization acquires great significance.

The main results of the dissertation research were implemented in the departments of the Main Directorate of the SES of Ukraine in Kharkiv region and in the Department of Civil Defence, Mobilization and Defence of the Donetsk Regional State Administration, as well as in the educational process of the National University of Civil Defence of Ukraine.

**Keywords:** response, emergency with explosions in arsenals, ammunition depots, efficiency of liquidation of consequences, optimal distribution of limited resources, optimization, evacuation routes, delivery of cargoes.

## **LIST OF PUBLICATIONS OF DEGREE-SEEKER**

### **Scientific papers in which the main scientific results of the dissertation are published:**

Monograph:

1. Chub I. A., Gudak R. V., Mykhailovska Yu. V. Optymizatsiia transportnykh vytrat pry likvidatsii prostorovo-rozpodilenoj nadzvychainoi sytuatsii [Optimization of transport costs in the elimination of spatially distributed emergencies] Information technologies in urban space: monograph / ed. M. V. Novozhylova. Kharkiv: O. M. Beketov NUUE, 2019. Chapter 12. P. 303–330 [in Ukrainian].

*The applicant personally owns a set-theoretical description of the logistics system, the introduction of a hierarchy ordered interdependent placement and routing optimization problems in the structure of the problem of transport costs optimization.*

### **Articles in scientific professional editions of Ukraine included in the international science-computer bases:**

2. Novozhylova M. V., Chub I. A., Mykhailovska Yu. V. (2017). Formalizaciya zadachi resursnogo zabezpechennya likvidaciyi tehnogennoi nadzvichajnoi situaciyi. [Formalization of the task of resource provision of liquidation of technogenic emergency situation]. Problemi nadzvichajnih situacij – Problems of emergencies. № 25. P. 153–158 [in Ukrainian]. (The article in the international science-based database Index Copernicus, Ulrich's Periodicals).

*The applicant personally owns the construction and analysis of a generalized deterministic mathematical model for optimizing the resources of the territorial system of man-made security as a logistics system.*

3. Novozhylova M. V., Chub I. A., Gudak R. V., Mykhailovska Yu. V., (2019). Rozv'yazannya zadachi pokrittya potrebi v resursah pri likvidaciyi nadzvichajnih situacij yak zadachi rozmishennya ob'yektiv zi zminnimi metricnimi karakteristikami [Solving the problem of covering the need for resources in the elimination of emergencies as a problem of placing objects with variable metric characteristics]. Radioelektronika i informatyka – Radio electronics and computer science, issue 1, P. 64–70 [in Ukrainian]. (The article in the international science-based database Index Copernicus and Google Scholar).

*The applicant personally has a description of the task of covering the need for resources in the aftermath of a man-made emergency as a disaster logistics task, substantiation of the algorithm for reducing the coverage problem to the problem of placing geometric objects with variable metric characteristics.*

4. Novozhylova M. V., Chub O. I., Mykhailovska Yu. V., Gudak R. V., Melezhik R. S. (2019). Rozrobka iierarkhichnoi stratehii pidvyshchennia rivnia tekhnohennoi bezpeky terytorii [Working out hierarchic strategy of enhancement of the territory technological safety level]. Problemy nadzvychainykh sytuatsii – Emergencies problems, issue 2(30), P. 164–175 [in Ukrainian]. (The article in the international science-based database Index Copernicus and Ulrich's Periodicals).

*The applicant is personally responsible for developing an optimization mathematical model and method for solving the problem of increasing the level of man-made security in the region by drawing up a multi-stage program for the development of the territorial system of man-made safety, taking into account its hierarchical structure.*

5. Novozhylova M. V., Mykhailovska Yu. V. (2020) [Developing organizational and technical method of resource supplying formation for emergency situations]. Problemy nadzvychainykh sytuatsii – Emergencies problems, issue 2(32), P. 56-71 [in Ukrainian]. (The article in the international science-based database Index Copernicus and Ulrich's Periodicals).

*The applicant is personally responsible for the structure of the organizational and technical method to form resourcing for response to emergencies.*

**Articles in the abroad scientific professional editions, included in the international science-computer bases:**

6. Chub I. A., Novozhylova M. V., Mykhailovska Yu. V., Gudak R. V. (2019). Modeliuvannia zadachi rozmishchennia resursiv dlia likvidatsii nadzvychainoi sytuatsii [Modeling resource allocation problem for emergency response]. Science and Education A New Dimension. Natural and Technical Sciences, VII (26). Issue 215, P. 32–35 [in Ukrainian]. (The article in the international science-based database Index Copernicus, Google Scholar).

*The applicant personally has to set the problem of resource allocation to eliminate the emergency of man-made nature as a problem of placement of geometric objects with variable metric characteristics, the introduction of an algorithm for solving the problem of resource allocation.*

**Scientific works certifying the practical of the dissertation materials:**

7. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V. (2017). Analiz statistichnih i dinamichnih modelej resursnogo zabezpechennya zadachi minimizaciyi naslidkiv nadzvichajnoyi situaciyi [Analysis of statistical and dynamic models of resource provision of the problem of minimizing the consequences of an emergency situation]. Zbirnik materialiv nauk.-prakt.seminaru: «Profilaktika, poperedzhennya ta likvidaciya nadzvichajnih situacij» – Collection of materials of the scientific-practical seminar: «Prevention, prevention and elimination of emergencies», Kharkiv, NUCZU, April 19, 2017, P. 156–158 [in Ukrainian]. (Form of participation – intramural).

*The applicant personally has to classify the features of resource provision of the problem of minimizing the consequences of a man-made emergency, a*

*description of the characteristics and their presentation as vector quantities with many ordered parameters of uncertainty.*

8. Novozhylova M. V., Mykhailovska Yu. V., Gudak R. V. (2017). Modeliuvannia rozpodilu resursiv pry likvidatsii nadzvychainoi situatsii [Modeling the allocation of resources under emergence relief operations]. Materialy 6ht Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: «Informatsiini systemy ta tekhnolohii» – Materials of the 6th International Scientific Practical Conference: «Information systems and technologies», Koblevo, September 11–16, 2017, P 70–71 [in Ukrainian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant personally has to decompose the model of determining the necessary resources to localize the effects of man-made emergencies on three interrelated submissions, a description of the main values of the tasks.*

9. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V., Melezhik R. S. (2017). Prognozuvannya resursnogo zabezpechennya likvidatsiyi tehnogennoyi nadzvichajnoyi situatsiyi [Forecasting of resource provision of liquidation of technogenic emergency situation]. Materiali 19 Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Suchasnij stan civilnogo zahistu Ukrayini ta perspektivi rozvitku» – Materials 19 All-Ukrainian. scientific-practical conf. rescuers «The current state of civil defence of Ukraine and prospects for development», Kyiv, IDUTZ, October 10–11, 2017, P. 469–472 [in Ukrainian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant is personally responsible for developing the principles of decomposition of the forecast model of resource provision for the elimination of man-made emergencies at the strategic level and the level of operational planning.*

10. Mykhailovska Yu. V. (2018). Optimizaciya resursiv sistemi tehnogennoyi bezpeki regionu u rezhimi tehnogennoyi nadzvichajnoyi situatsiyi [Optimization of resources of the system of technogenic safety of the region in the mode of technogenic emergency situation]. Materiali mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodih uchenih «Problemi ta perspektivi zabezpechennya civilnogo zahistu» – Materials of the international. scientific-practical conf. young scientists «Problems and prospects of civil protection», Kharkiv, NUCZU, March 01, 2018. P. 347 [in Ukrainian]. (Form of participation – intramural).

*The applicant personally has a description of many criteria for the effectiveness of the territorial system of man-made safety, construction of a generalized model for optimizing the resources of the man-made safety system.*

11. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V., Gudak R. V. (2018). Vyznachennia struktury syl likvidatsii nadzvychainoi sytuatsii na osnovy rozviazannia zadachi pro pokryttia [Determining the structure of emergency response forces based on the covering problem]. Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: «Teoriia i praktyka hasinnia pozhezh ta likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii» – Materials of the International Scientific and Practical Conference: «Theory and practice of firefighting and emergency response», Cherkasy, CHIPB, May 18–19, 2018, P. 217–218 [in Ukrainian]. (Form of participation – intramural).

*The applicant personally has to implement a scenario approach to solve the problem of strategic planning of the process of allocation of resources to eliminate the emergency situation, a description of the algorithm of territorial emergency services.*

12. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V. (2018). Modelyuvannya obshyagiv resursiv shodo likvidatsii nadzvichajnih situacij v umovah nevznachenosti [Modeling of resources for the elimination of emergencies in conditions of uncertainty]. Materiali 7ht Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Informacijni sistemi ta tehnologiyi IST-2018» – materials 7ht International. scientific-practical conf. «Information systems and technologies IST-2018», Koblevo, September 10–15, 2018 P. 267–269 [in Ukrainian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant personally owns the structural identification of the characteristics and locations of a possible man-made emergency, a description of the approach to formalize the qualitative and quantitative characteristics of the information.*

13. Novozhylova M. V., Chub O. I., Mykhailovska Yu. V. (2018). Modelyuvannya parametriv logistichnoyi infrastrukturi teritoriyi v umovah likvidatsii nadzvichajnih situacij [Modeling of parameters of logistic infrastructure of the territory in the conditions of liquidation of emergency situations]. Tezi dop. IX Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Suchasni problemi i dosyagnennya v galuzi

radiotekhniki, telekomunikacij ta informacijnih tehnologij» – Thesis add. IX International. scientific-practical conf. «Modern problems and achievements in the field of radio engineering, telecommunications and information technology», Zaporizhia, ZNTU, October 03–05, 2018, P. 259–260 [in Ukrainian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant personally has to formalize the fuzzy sets of input and output variables for optimization problem concerning the territorial logistics infrastructure, using a fuzzy knowledge base to determine the level of resource needs.*

14. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V. (2018). Rozpodil resursnogo zabezpechennya likvidaciji nadzvichajnoyi situaciji yak zadacha pro pokrittya [Allocation of resource support for emergency response as a coverage task]. Materiali 20 Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Suchasnij stan civilnogo zahistu Ukrayini ta perspektivi rozvitku» – Materials 20 All-Ukrainian scientific-practical conf. rescuers «The current state of civil defence of Ukraine and prospects for development», Kyiv, IDUTZ, October 9–10 2018, P. 479–481 [in Ukrainian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant personally owns the construction of an optimization model for planning the processes of distribution and storage of the required amount of resources to eliminate the emergency of man-made nature in a given area.*

15. Chub I. A., Novozhylova M. V., Mykhailovska Yu. V., Gudak R. V. (2018). Strukturnaia ydentyfikatsiya zadachy resursnoho obespechennya lykvydatsyy posledstvyi chrezvichainoi sytuatsyy v uslovyakh neopredelennosti [Structural identification of the task of resource provision to eliminate the consequences of an emergency situation in conditions of uncertainty]. Materialy VI Mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferentsii: «Matematycheskoe modelyrovanye, optymizatsiya y ynformatsyonnye tekhnolohyy» – Materials of the 6st International Scientific and Technical Conference: «Mathematical modeling, optimization and information technology», Chisinau, November 12–16, 2018, P. 394–397 [in Russian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant personally owns the classification of types of resource provision, generalized statement of the problem of optimization of resources of the territorial system of emergency services.*

16. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V. (2019). Iyerarhichna strategiya pidvishennya rivnya tehnogennoi bezpeki teritoriyi rajonu [Hierarchical strategy to increase the level of man-made safety of the district]. Tezi dopovidej I Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Topical issues of the development of modern science» – Abstracts of reports I International. scientific-practical conf. «Topical issues of the development of modern science», Sofia, Bulgaria, September 18–20, 2019. P. 249–254 [in Russian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant personally has the formulation of the spatially distributed problem of covering the need for resources in the elimination of man-made emergencies, substantiated the algorithm of reducing the problem of coverage to the problem of placing geometric objects taking into account the state of transport networks.*

17. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V. (2019). Pidvishennya rivnya tehnogennoi bezpeki regionu v umovah obmezhenogo resursnogo zabezpechennya [Increasing the level of technogenic security of the region in conditions of limited resource provision]. Materiali 21 Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Suchasnij stan civilnogo zahistu Ukrayini ta perspektivi rozvitku» – Materials 21 All-Ukrainian. scientific-practical conf. (with Mizhnar. Participation) «The current state of civil defence of Ukraine and prospects for development», Kyiv, IDUTZ, October 8, 2019, P. 304–305. [in Ukrainian]. (Form of participation – intramural).

*The applicant personally has to set a two-criteria problem of increasing the level of man-made safety in the region, a description of the features of the problem and parametric identification.*

18. Chub I. A., Mykhailovska Yu. V. (2019). Rozmishennya geometrichnih ob'yektiv zi zminnimi metrichnimi harakteristikami [Placement of geometric objects with variable metric characteristics]. Materiali krug. stolu «Ob'yednannya teorii ta praktiki – zaporuka pidvishennya gotovnosti operativno-ryatuvalnih pidrozdiliv do vikonannya dij za pryznachennyam» – Materials workshop



«Combining theory and practice is the key to increasing the readiness of rescue units to perform actions as intended», Kharkiv, NUCZU, October 24, 2019, P. 132–134. [in Ukrainian]. (Form of participation – intramural).

*The applicant is personally responsible for creating an approximate method for solving the optimization problem of placing rectangular geometric objects with variable metric characteristics.*

19. Melezhik R. S., Mykhailovska Yu. V. (2020). Proektuvannya sistemi pidtrimki prijnyattya rishen z likvidaciyi naslidkiv nadzvichajnoyi situaciyi tehnogenogo harakteru [Designing a decision support system for emergency response to man-made emergencies]. Tezi dopovidej III Vseukr. nauk.-prakt. internet-konf. zdoxuv. vishoyi osviti i molodih uchenih «Informacijni tehnologiyi: Teoriya i praktika» – abstracts of reports III All-Ukrainian scientific-practical internet conference won. of higher education and young scientists «Information technology: Theory and practice», Kharkiv, O.M. Beketov NUUE, May 10–13, 2020, P. 72. [in Ukrainian]. (Form of participation – extramural).

*The applicant personally has a description of the stages of designing a decision support system to eliminate the consequences of a man-made emergency, a description of the types of uncertainties and their impact on the design process of the information system.*