

Тесленко Олександр

ORCID iD 0000-0002-1003-8876

e-mail: renderlex@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ

[https://doi.org/10.33269/2618-0065-2024-1\(15\)-191-204](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2024-1(15)-191-204)

Анотація. Надано детальне дослідження, спрямоване на підвищення дієвості системи реагування на надзвичайні ситуації в зоні відчуження, із акцентуванням на діяльності пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС та ДАЗВ. З огляду на критичну потребу забезпечення більшої ефективності реагування на потенційні загрози та пожежі на цій території наголошено на аналітичному перегляді та обґрунтуванні розміщення пожежних депо. Приділено значну увагу ролі контролінгу в системі реагування на надзвичайні ситуації, який є ключовим елементом у підвищенні дієвості запобігання та ліквідації наслідків пожеж та інших надзвичайних ситуацій. Контролінг дає змогу не лише виявити потенційно слабкі місця в системі, а й забезпечує своєчасне адаптування та вдосконалення реагування на кризові ситуації, що значно підвищує готовність та оперативність пожежно-рятувальних підрозділів. Метою дослідження є розроблення моделі, в якій визначено оптимальну кількість та розташування пожежних підрозділів, урахувавши особливості досліджуваної території, потенційні ризики та необхідність швидкого доступу до місць імовірних надзвичайних ситуацій. Визначено завдання щодо проведення глибокого аналізу поточного стану інфраструктури цивільного захисту в цій зоні, оцінки екологічних та інших важливих умов, що впливають на реагування на надзвичайні ситуації, і формулювання науково обґрунтованих рекомендацій для покращення дієвості системи. Для аналізу та визначення оптимальної дислокації пожежних підрозділів використано геоінформаційні системи (далі – GIS), що забезпечують точне картографування та аналіз території для оптимального розташування сил і засобів. Під час дослідження застосовано методіку моделювання, що дало змогу ідентифікувати наявні недоліки у системі цивільного захисту і розробити стратегію для збільшення ефективності заходів реагування на надзвичайні ситуації. Підкреслено, що згідно з результатами дослідження впровадження рекомендованих заходів може істотно збільшити рівень безпеки в зоні відчуження, зменшити ризики для здоров'я та життя людей і забезпечити ефективне використання сил та засобів цивільного захисту. Реалізація запропонованої моделі потребуватиме скоординованих зусиль різних організацій, залучених до цивільного захисту в зоні відчуження. Зазначене є надзвичайно актуальним для науковців,

оскільки нині відбувається активне обговорення методів підвищення дієвості системи реагування на надзвичайні ситуації, та надалі стане основою майбутніх досліджень у цій критично важливій області.

Ключові слова: державне управління, зона відчуження, механізми контролінгу, безпека, цивільний захист, органи державного управління, моделювання надзвичайних ситуацій.

Постановка проблеми. З огляду на планувальні заходи, пов'язані із протипожежною безпекою у зоні відчуження, виникає потреба в оновленні зон обслуговування пожежно-рятувальних підрозділів (далі – ПРП) ДСНС та ДАЗВ, зокрема в аналізі кількості та розміщення пожежних депо. Швидке реагування та вчасне прибуття пожежних підрозділів до місця виклику, зокрема служб ДАЗВ, визначають успіх у боротьбі з пожежами на цій території.

Із 1993 по 2018 рік у зоні відчуження зареєстровано 1566 пожеж, які охопили 20723,3 га забруднених радіонуклідами територій. Вихідні дані [1] свідчать про збільшення середньої площі пожеж порівняно з державним лісовим фондом за її межами. Найбільшу загрозу становлять масштабні пожежі, зокрема 121 велика та 3 особливо великі, зафіксовані з 1993 по 2019 рік.

Зазначене потребує моделювання потенційної оперативної ситуації для розроблення заходів реагування на надзвичайні ситуації служб ДСНС та ДАЗВ. Швидкість реагування пожежних підрозділів виокремлюється як ключовий елемент у наукових працях [1], присвячених цій тематиці.

Невідповідність нормативам часто пов'язана з нестачею пожежних станцій та їх невідповідним розташуванням, що спонукає до будівництва нових об'єктів у містах досліджуваної зони. Потреба в аналізі дислокації та нормування розміщення пожежних депо є актуальними для покращення протипожежної безпеки на території зони відчуження. В цьому контексті роль контролінгу [2] стає незамінною для забезпечення адекватного рівня протипожежної безпеки. Контролінгові механізми дають змогу не лише систематизувати наявні дані про пожежні ризики та ресурси, а й використовувати їх для оптимізації планування розміщення та кількості пожежних депо. Це включає в себе аналіз ефективності місць дислокації підрозділів, урахування

змін у демографічних та екологічних умовах, а також прогнозування потенційних загроз.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення ефективності ПРП у зоні відчуження набуває особливої актуальності у контексті забезпечення безпеки в умовах підвищеної радіаційної небезпеки. Розгляд швидкості реагування на виклики як ключового фактора успіху в боротьбі з пожежами потребує комплексного підходу до аналізу наявної інфраструктури та розроблення оптимальних стратегій розміщення пожежних підрозділів.

Швидкість реагування на виклики пожежної служби визначається як критичний аспект у наукових працях щодо вивчення ефективності діяльності служб ДСНС та ДАЗВ [3]. Актуальність відповідності нормативним критеріям безпосередньо залежить від наявності достатньої кількості пожежних станцій та оптимальності місця їх розташування. Через це в багатьох районах зони відчуження є потреба у проектуванні та створенні нових пожежних депо.

У контексті згаданих вище викликів докладний аналіз локації пожежно-рятувальних підрозділів у зоні відчуження стає пріоритетним, зокрема детальне вивчення стандартів розміщення пожежних депо. Під час дослідження розглянуто важливі показники, що впливають на формування зон обслуговування та розподіл об'єктів між підрозділами ОРСЦЗ і відомчою пожежною охороною ДАЗВ, серед яких: відстань до місця пожежі, час прибуття та ліквідації пожежі, час обслуговування виклику, кількість задіяної техніки та особового складу.

Також визначено потребу в аналізі загроз та небезпечних факторів на території зони відчуження. Визначення радіуса обслуговування ПРП базується на відстані у 3 км від місця дислокації до потенційного місця виклику, що дає змогу досягнути встановлених нормативів реагування на пожежі відповідно до ДСТУ 8767:2018 [4].

Вивчення необхідної чисельності особового складу ПРП, що розглядається у документах [5–8], допомагає розкрити різноманітні методики їх визначення. У посібнику [9] запропоновано підхід до визначення кількості особового

складу, що заснований на стандартах виконання робіт залежно від складності пожежі, проте не враховано специфіки функціонування зони відчуження. Водночас у посібнику [10] наведено технічні характеристики пожежного обладнання, але без чіткої методології визначення необхідних сил і засобів для ліквідації пожеж.

У роботі [1] розкрито системний аналіз і математичне моделювання для оперативної обстановки та функціонування пожежної охорони. Аналіз джерел показав, що універсального підходу для визначення необхідної чисельності особового складу, сил та засобів як підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, так і підрозділів відомчої пожежної охорони, немає.

Подальше наукове дослідження у цій сфері відкриває можливості для створення нових методик і стратегій, які сприятимуть більш доцільному розподілу та застосуванню ресурсів служб ДСНС та ДАЗВ. Це дасть змогу підвищити ефективність системи під час виникнення надзвичайних ситуацій, знизити загрози для здоров'я та безпеки людей у зоні відчуження, а також покращити рівень безпеки на цій території. Застосування контролінгу як інструменту забезпечення дієвості системи допоможе систематично аналізувати, оцінювати та коригувати процеси в межах ПРП, сприяючи більш глибокому розумінню потреб у ресурсах та їх найбільш доцільному використанню.

Метою статті є визначення проблемних питань державного управління ЦЗ щодо забезпечення контролінгу загроз і виникнення НС у зоні відчуження, а також шляхів їх розв'язання.

Методи дослідження. В основу проведеного аналізу покладено теоретичні (аналітичний, дедуктивний та системний підходи) та емпіричні (статистичний аналіз, порівняння, опис, узагальнення) дослідження.

Важливою складовою цієї розвідки стало застосування геоінформаційних систем (далі – GIS) для аналізу дислокації пожежних підрозділів, що дало змогу з урахуванням географічних, демографічних та інших критичних факторів визначити оптимальне розташування ресурсів для забезпечення

максимальної готовності до реагування на надзвичайні ситуації. Цей комплексний підхід забезпечив цілісне вирішення поставленого наукового завдання, надав змогу виявити ключові недоліки в системі протипожежної безпеки та розробити рекомендації щодо її покращення для зони відчуження.

Виклад основного матеріалу. Для забезпечення контролінгу у сфері пожежної безпеки та оптимізації роботи ПРП визначено необхідність розроблення емпіричних функцій розподілу швидкості руху пожежних автомобілів. Цей підхід базується на аналізі даних, отриманих із гістограм, та надає можливість оцінити ключові параметри, такі як середнє значення швидкості та її середньоквадратичне відхилення [10].

Створення вибірки випадкових величин швидкості руху та подальше її аналітичне оброблення дасть змогу сформулювати згрупований статистичний ряд. Це забезпечує можливість щодо детального аналізування розподілу швидкостей, допомагає визначити інтервали групування та провести оцінку абсолютних та відносних частот руху пожежних машин. Унаслідок цього процесу формується гістограма, яка відображає динаміку розподілу швидкості та є основою для подальшого розрахунку математичного очікування і дисперсії [10].

Ця методика [10] допомагає врахувати різні фактори, що впливають на швидкість руху пожежних автомобілів, та визначити граничні значення швидкості, оптимальні для реагування на пожежі в різних умовах. Використання цих даних у контексті контролінгу забезпечує можливість постійного моніторингу, оцінки та корекції діяльності ПРП, що є критично важливим для підвищення ефективності системи реагування на надзвичайні ситуації.

Для адаптації до факторів, що впливають на швидкість руху пожежних автомобілів, пропонується [10] використати граничне значення швидкості, яке містить аспекти руху пожежних машин з огляду на погодні умови, затори на дорогах тощо. На основі вказаного вище підходу визначено параметри розподілу швидкості руху до місця виклику для основних пожежних автомобілів.

Нині зона відчуження поділяється на дві ключові

території: Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник та зону обігу радіоактивних відходів. Значна частина цієї території, а саме – майже дві третини (227 тис. га), припадає на Біосферний заповідник, створений у 2016 році. На цій території основними джерелами загрози є лісові пожежі та пожежі на торфовищах, що охоплюють значні площі. Захист від пожеж у цій зоні забезпечується відомчою пожежною охороною ДАЗВ, яка базується на п'яти лісових пожежних станціях ДСП «Північна пуша» загальною чисельністю 96 осіб.

Крім Біосферного заповідника, значної уваги потребує зона поводження з радіоактивними відходами, що розташована на 32 тис. га, до якої належать критичні об'єкти, такі як енергоблоки Чорнобильської АЕС, об'єкт «Укриття» тощо. Реагування на надзвичайні ситуації, зокрема пожежі, здійснюється 11-м Державним пожежно-рятувальним загonom ГУ ДСНС України у Київській області, особовий склад якого становить понад 230 осіб.

У контексті цієї роботи зазначені умови діяльності пожежної охорони зони відчуження слугують основою для розроблення математичних моделей, що відтворюють оперативну обстановку на цій території. Під оперативною обстановкою розуміють ситуації, що сталися на території за 2019 рік, зокрема фактори, які впливають на ефективність реагування на пожежі та інші небезпечні події. Значна увага приділяється аналізу кількості пожежних автомобілів, залучених для обслуговування кожного виклику як одного з ключових елементів ефективності системи реагування на загрози.

Радіаційний контроль ситуації забезпечують 13 пунктів контролю приземного шару атмосфери ДСП «Екоцентр» та мобільний пристрій для відбору проб повітря у місцях гасіння вогню.

Зазначені умови, в яких працюють підрозділи пожежної охорони зони відчуження, використаємо для побудови математичних моделей оперативної обстановки зони відчуження. В цій роботі під оперативною обстановкою слід розуміти чинники, що склалися у зоні відчуження за 2019 рік і впливають на процеси реагування на загрози.

Одним із важливих чинників оперативної обстановки є аналіз кількості пожежних автомобілів, що задіяні для реагування на кожен виклик. Цей параметр визначається як випадкова величина, і для його опису можна використати відповідний закон розподілу, який детально розглянуто в методиці, що наведена у роботі [1]. Він дає змогу оцінити ймовірність виїзду заданої кількості пожежних машин на виклик, що є ключовим для планування та розподілу ресурсів.

Другий значний елемент аналізу оперативної обстановки – це вивчення потоку викликів до пожежних служб протягом певного часу. Цей потік можна описати за допомогою лінійного диференційного рівняння, яке враховує середнє число викликів за одиницю часу та інші параметри, сприяючи кращому розумінню динаміки викликів.

Закон Пуассона, наведений у роботі [1], який застосовується для визначення потоку викликів, дає змогу обчислити математичне очікування та дисперсію цього потоку. Зазначене є важливим для оцінювання роботи пожежних підрозділів та їх готовності до викликів.

На основі чисельного аналізу статистичних даних можна зробити висновок, що більшу частину часу протягом року ПРП зони відчуження перебувають у режимі очікування викликів, водночас вони витрачають певну кількість годин на гасіння пожеж. Це вказує на необхідність точного планування та оптимального розподілу ресурсів для забезпечення швидкої та ефективної реакції на надзвичайні ситуації.

Провівши чисельний аналіз статистичних даних із використанням методики [10], зроблено такі висновки:

- 95% часу впродовж року ПРП зони відчуження перебувають в режимі чергування (без викликів);
- 438 годин на рік гасять поодинокі пожежі;
- 8 годин на рік гасять одночасно дві пожежі;
- 1,5 години на рік гасять одночасно три пожежі.

Таким чином, результати аналізу оперативної обстановки зони відчуження свідчать про те, що одночасно можливі випадки двох і трьох пожеж, а це необхідно враховувати під час визначення чисельності ПРП.

Третім важливим чинником оперативної обстановки є

середній час обслуговування пожежними підрозділами одного виклику (далі – середній час обслуговування). Для опису цієї випадкової величини використовуємо методичку, що наведена у роботі [1].

За результатами проведених розрахунків встановлено, що час обслуговування викликів ПРП у 25% випадків становить до 2 годин і в 22% випадків – 7–8 годин.

Під час обґрунтування організації реагування на надзвичайні ситуації підрозділів ДСНС слід урахувати, що протягом проведення робіт в зоні відчуження дотримуються Правил [1]. У них визначено вимоги протирадіаційного захисту персоналу на всіх етапах здійснення протиаварійних заходів та контрзаходів щодо ліквідації та мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи, а також практичної діяльності у зоні відчуження з метою обмеження опромінення персоналу, який виконує роботи у цій зоні в межах радіаційно-гігієнічних регламентів першої групи згідно з Нормами [1].

Моделювання розміщення ПРП у зоні відчуження проводилося згідно з вимогами [11]. Положення стандарту реалізовані шляхом розрахунку на основі математичного моделювання із використанням програмного комплексу QGIS – 3.6.3-Noosa. QGIS (Quantum GIS), який являє собою вільну крос-платформену GIS.

Основним призначенням системи є обробка і аналіз просторових даних, підготовка картографічної продукції. Інтерфейс QGIS побудований на базі бібліотеки Qt. Пакет має гнучку систему розширень, які можна створювати на мовах C++ і Python. Підтримуються різноманітні векторні та растрові формати з ESRI Shapefile і GeoTIFF включно.

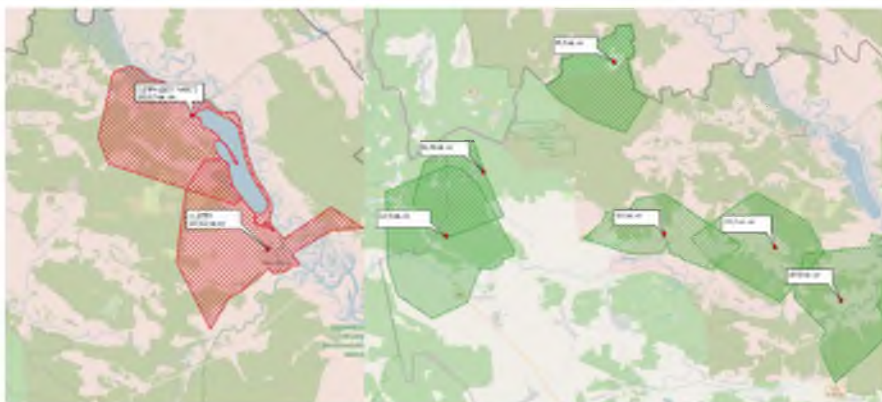
Для реалізації розрахунку за допомогою QGIS створені карти з певною кількістю шарів і різними картографічними проєкціями. В цій роботі використовувались шари OSM (Open Street Map) для візуалізації результатів розрахунку. На мапу також нанесено такі векторні дані, як точка, лінія, полігон. Для розрахунку використано плагіни, які облаштовані в наведеній вище програмі, а саме: Online Routing Mapper – маршрутизатор для обчислювання найвигіднішого шляху руху транспорту в місцевості; Geodesic Measure Tool – плагін лінійного

проміру шарів ГІС. Систему координат взято у проєкції EPSG:4326 – WGS 84 – Geographic.

У цьому разі в розрахунку використано два інструментарія, а саме – визначення відстані та визначення часу межі району виїзду. Завдяки наведеному інструментарію програми з'ясовано оптимальну відстань районів виїздів, враховуючи специфіку дороги та напрямку дорожнього руху.

Використовуючи програмне забезпечення QGIS, нанесено на мапу геопозиціювання наявних ПРП та тих, що планується спроектувати.

За підсумками аналізу розташування об'єктів, наявних доріг та місць фактичного розміщення ПРП створено карту зони обслуговування ПРП та постів із врахуванням 20 хв часу прибуття згідно з вимогами, що визначені у [4]. Карта зони обслуговування наявних ПРП та постів зони відчуження наведена на рис. 1.



а) зони обслуговування наявних пожежно-рятувальних підрозділів

б) зони обслуговування постів зони відчуження

Рисунок 1 – Зони обслуговування наявних ПРП та постів зони відчуження

Джерело: розроблено автором

Згідно з результатами моделювання місць дислокації пожежних підрозділів встановлено, що наявні ПРП та їх зони обслуговування з урахуванням 20 хв часу прибуття відповідно

до вимог [5] забезпечують покриття близько 29% територій зони відчуження та близько 74% об'єктів, що функціонують. Для можливості оцінки забезпечення до 100% покриття таких об'єктів розробимо карту (рис. 2) із нормативно необхідними місцями дислокації ПРП (позначено синьою штриховкою) та перспективного пожежного посту на промисловому комплексі «Вектор».

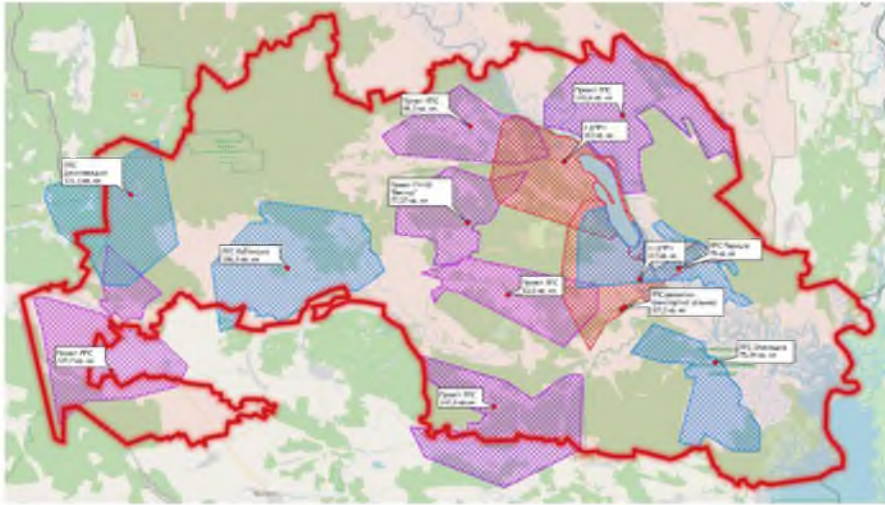


Рисунок 2 – План зон обслуговування розрахунково необхідних місць дислокації ПРП

Джерело: розроблено автором

На рисунку 2 наведено модель територіального розподілу зон обслуговування наявних ПРП (червоний колір), частин, що перебувають у недієздатному стані (синій колір) та проектних частин, які запропоновано створити для перекриття територій, що нині недостатньо захищені ПРП (фіолетовий колір). Розрахунок територіальних розподілів зон обслуговування ПРП проводився з враховуванням дорожніх та магістральних шляхів. Лісові та степові зони без дорожньої розв'язки не враховано через брак відповідної інфраструктури.

Загальна площа зони відчуження становить 2620 км². Відповідно території обслуговування наявних ПРП становлять: 2 – ДПРЧ – 103 км²; ЛПС ремонтно-транспортна дільниця

м. Чорнобиля – 107,3 км²; для непрацюючих ПРП – ЛПС с. Поліське – 142,5 км²; ЛПС с. Луб'янське – 156,5 км²; ЛПС с. Денисовицьке – 131,1 км²; ЛПС с. Опачицьке – 75,34 км²; ЛПС с. Паришів – 79 км²; для проєктних частин: ЛПС – с. Бенівка – 86,3 км²; суміжна частина с. Бенівка ЛПС – 143,6 км²; ПЧ КВ «Вектор» – 77,37 км²; суміжна частина з ПЧ КВ «Вектор» ЛПС – 82,6 км²; ЛПС с. Терехи – 146,4 км² [13].

Висновки та напрями подальших досліджень. З огляду на проведений аналіз виявлено, що оперативне покриття зон обслуговування, здійснюване пожежно-рятувальними формуваннями, обмежується лише фрагментом території, який не перевищує 9,5% її загального розміру. Цей показник може бути значно покращений через введення в дію проєктних та непрацюючих ПРП, що дасть змогу збільшити покриття території до майже 43%, а загальний обсяг обслуговування територій у разі повного врахування всіх потенційних ресурсів досягне 52,27%.

Згідно із дослідженням у наявних ПРП ДСНС закладено основу для адекватного реагування лише на обмеженій частині зони відчуження та на певному відсотку об'єктів, що функціонують у цій зоні. Водночас розширення зон обслуговування, зокрема через включення лісових постів та додаткових ПРП, значно збільшує можливості для нормативного втручання, охоплюючи значну частину зони відчуження та більшість державних об'єктів, що потребують захисту.

Упровадження контролінгу, який передбачає систематичний моніторинг, аналіз та інформування діяльності ПРП, дає змогу не тільки оптимізувати розподіл та використання ресурсів, а й пристосуватися до змінюваної динаміки загроз. Це сприятиме ефективному реагуванню на потенційні небезпеки, мінімізації їх наслідків та забезпеченню більш високого рівня безпеки для людей, які працюють, проживають або перебувають у зоні відчуження.

Значне збільшення обсягів обслуговуваної території, яке можливе завдяки активації додаткових ПРП, разом з ефективним контролінгом дають підґрунтя для створення більш

надійної та відповідальної системи захисту від пожеж у зоні відчуження. Ці заходи не тільки сприятимуть підвищенню ефективності реагування на надзвичайні ситуації, а й забезпеченню кращого захисту для екосистеми заповідника та зменшать ризики радіаційного забруднення внаслідок пожеж або інших аварійних ситуацій. Враховуючи ці висновки, настійно рекомендується продовжувати розвиток пожежно-рятувальної інфраструктури в зоні відчуження, використовуючи як наявні, так і потенційні ресурси для підвищення рівня безпеки та ефективності реагування на можливі загрози.

Список використаних джерел

1. Звіт науково-дослідної роботи за темою : Дослідження впливу пожежних ризиків на комплекс заходів для уникнення або мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій на території Зони відчуження («ПБ Зони відчуження») / Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. Київ, 2021. С. 23–73.
2. Тесленко О. М. Механізми контролінгу загроз та виникнення надзвичайних ситуацій у Зоні відчуження. *Інвестиції : практика та досвід*. 2023. № 13. С. 126–134.
3. Перелік потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної небезпеки м. Києва на 2015 рік, згідно протоколу Постійної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій виконавчого органу Київради (КМДА) від 31.10.2014 р. № 31. *Урядовий портал : єдиний веб-портал органів виконавчої влади України*. URL : <https://www.kmu.gov.ua/npas/155861368> (дата звернення : 23.02.2024).
4. Пожежно-рятувальні частини Вимоги дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування. ДСТУ 8767:2018 [Чинний від 2019.01.01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019 р. 32 с.
5. Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) ОРС ЦЗ в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини) : постанова КМУ від 27.11.2013 р. № 874. *Офіційний вісник України*. 2013. 20 груд. № 96. С. 113.
6. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем : навч. посібник. Х. : ХНАМГ, 2010. 313 с.
7. Про створення Урядової інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій ДСНС України : постанова КМУ від 6.12.1999 р. № 2303. *Офіційний вісник України*. 2008. 15 серпня № 58. С. 132.
8. Довідник керівника гасіння пожежі / Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. Київ, 2016. 320 с.
9. Аналітичні розрахунки для обґрунтування оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів. Практикум : навчальний посібник / В. В. Сировий, Ю. М. Сенчихін, Л. В. Ушаков, О. В. Бабенко. Харків : НУЦЗУ, 2010. 262 с.
10. Клюс П. П., Палюх В. Г. Тактические возможности пожарных подразделений. Харьков : ХИСИ-ХПТУ, 1993. 201 с.
11. Про затвердження Правил радіаційної безпеки при проведенні робіт в зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового) відселення : наказ МОЗ та МНС України від 04.04.2008 р., № 179/276. URL : *Офіційний вебпортал парламенту України*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0754-08#Text> (дата звернення : 23.02.2024).

References

1. Instytut derzhavnoho upravlinnia ta naukovykh doslidzhen z tsyvilnoho zakhystu (2021). *Zvit naukovo-doslidnoi roboty za temoiu: Doslidzhennia vplyvu pozhehnykh ryzykiv na kompleks*

- zakhodiv dlia unyknennia abo minimizatsii naslidkiv nadzvychnykh sytuatsii na terytorii Zony vidchuzhennia («PB Zony vidchuzhennia»)* [Research report on the topic: Investigation of the impact of fire risks on the set of measures to avoid or minimize the consequences of emergency situations in the Exclusion Zone («Exclusion Zone PB»)]. Kyiv [in Ukrainian].
2. Teslenko, O. M. (2023). Mekhanizmy kontrolinhu zahroz ta vynyknennia nadzvychnykh sytuatsii u Zoni vidchuzhennia. Investytsii: praktyka ta dosvid [Mechanisms of controlling threats and emergency situations in the Exclusion Zone]. *Investytsii: praktyka ta dosvid*, 13, 126–134. [in Ukrainian].
 3. Perehik potentsiino nebezpechnykh ob'ektiv ta ob'ektiv pidvysshchenoi nebezpeky m. Kyieva na 2015 rik, zghidno protokolu Postiinoi komisii z pytan tekhnohenno-ekolohichnoi bezpeky ta nadzvychnykh sytuatsii vykonavchoho orhanu Kyivrady (KMDA) [List of potentially dangerous objects and objects of increased danger in the city of Kyiv for 2015, according to the protocol of the Standing Commission on Technological and Environmental Safety and Emergency Situations of the Executive Body of the Kyiv City Council (KMDA)] vid 31.10.2014 p. № 31. *Uriadovyi portal: yedynyi veb-portal orhaniv vykonavchoi vlady Ukrainy*. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/155861368> [in Ukrainian].
 4. *Pozhezhno-riatuvalni chastyny Vymohy dyslokatsii ta raionu vyizdu, komplektuvannia pozhezhnymy avtomobiliamy ta proektuvannia* [Fire-rescue units. Requirements for location and departure area, fire engine equipment and design]. (2019). DSTU 8767:2018 from 1st January 2019. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
 5. Pro zatverdzhennia kryteriiv utvorennia derzhavnykh pozhezhno-riatuvalnykh pidrozdiliv (chastyn) ORS TsZ v administratyvno-terytorialnykh odynytysiakh ta pereliku sub'ektiv hospodariuvannia, de utvoriuiutsia taki pidrozdily (chastyny) [On the approval of the criteria for the formation of state fire-rescue units (parts) of the ORS of the CZ in administrative-territorial units and the list of economic entities where such units (parts) are formed]: postanova KMU vid 27.11.2013 p. № 874. (2013, December 20). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*, 96, pp.113. [in Ukrainian].
 6. Shypulin, V. D. (2010). *Osnovni pryntsypy heoinformatsiynykh system* [Basic Principles of Geographic Information Systems]. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].
 7. Pro stvorennia Uriadovoi informatsiino-analitychnoi systemy nadzvychnykh sytuatsii DSNs Ukrainy [On the creation of the Government Information and Analytical System of Emergency Situations of the Emergency Situations of Ukraine]: postanova KMU vid 6.12.1999 p. № 2303. (2008, August 15). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*, 58, P. 113. [in Ukrainian].
 8. Ukrainyski naukovo-doslidnyi instytut tsyvilnoho zakhystu (2016). *Dovidnyk kerivnyka hasinnia pozhezhi* [Handbook of the head of fire extinguishing]. Kyiv [in Ukrainian].
 9. Syrovyy, V. V., Senchykhin, Y. M., Ushakov, L. V., & Babenko, O. V. (2010). *Analitychni rozrakhunky dlia obgruntuvannia operatyvnykh dii pozhezhno-riatuvalnykh pidrozdiliv* [Analytical Calculations for Justification of Operational Actions of Fire-Rescue Units]. Kharkiv: NUTsZU [in Ukrainian].
 10. Klus, P. P., & Palyukh, V. G. (1993). *Taktycheskye vozmozhnosti pozharnykh podrazdeleniy* [Tactical Capabilities of Firefighting Units]. Kharkiv: KhYSY-KhPTU [in Ukrainian].
 11. Pro zatverdzhennia Pravyl radiatsiinoi bezpeky pry provedenni robot v zoni vidchuzhennia i zoni bezumovnoho (oboviazkovoho) vidseleння [On the approval of the Radiation Safety Rules when carrying out work in the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement]: nakaz MOZ ta MNS Ukrainy vid 04.04.2008 r., № 179/276. *Ofitsiyni veb-portal parlamentu Ukrainy*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0754-08#Text> [in Ukrainian].

MODELING THE OPERATION OF THE EMERGENCY RESPONSE SYSTEM IN THE EXCLUSION ZONE

Teslenko Oleksandr

Abstract. This scientific article presents a detailed study aimed at enhancing the effectiveness of the emergency response system in the Exclusion Zone, with a focus on the activities of the State emergency service of Ukraine and State Agency

of Ukraine on Exclusion Zone Management firefighting units. Considering the critical need to ensure greater effectiveness in responding to potential threats and fires in this area, the article concentrates on an analytical review and justification for the placement of fire stations. Particular attention in the article is given to the role of controlling in the emergency response system, which serves as a key element in improving the effectiveness of prevention and mitigation of fires and other emergencies. Controlling not only identifies potential weaknesses in the system but also provides an opportunity for timely adaptation and improvement of response to crisis situations, significantly enhancing the readiness and efficiency of firefighting and rescue services. The goal of the research is to develop a model that will determine the optimal number and placement of firefighting units, taking into account the characteristics of the studied territory, potential risks, and the need for quick access to the sites of likely emergencies. The article sets out to conduct a thorough analysis of the current state of civil protection infrastructure in the zone, assess environmental and other important conditions affecting emergency response, and formulate scientifically grounded recommendations for improving system effectiveness. For the analysis and determination of the optimal dislocation of firefighting units, this study employs Geographic Information Systems (GIS), ensuring accurate mapping and analysis of the territory for optimal allocation of forces and resources. The research methodology applied allowed identifying existing deficiencies in the civil protection system and developing a strategy to increase the effectiveness of emergency response measures. The findings of the study underline that the implementation of recommended measures can significantly increase the level of safety in the Exclusion Zone, reduce risks to people's health and lives, and ensure the efficient use of civil protection forces and resources. Implementing the proposed model will require coordinated efforts from various organizations involved in civil protection in the Exclusion Zone. The article contributes significantly to the scientific discussion on methods of enhancing the effectiveness of the emergency response system and will serve as a foundation for future research in this critically important area.

Keywords: state management, exclusion zone, control mechanisms, safety, civil protection, state management bodies, modeling of emergency situations.