

Р.Р. Коваль¹, С.О. Ємельяненко², І.Р. Коваль²¹Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ЩОДО ОСОБЛИВОСТЕЙ ОЦІНКИ ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ

У статті досліджуються особливості оцінки пожежних ризиків у реабілітаційних центрах. Оцінка індивідуального пожежного ризику враховує ймовірність виникнення пожежі, умовну ймовірність загибелі або травмування пацієнта та коефіцієнт обмеженої мобільності, який залежить від часу евакуації та доступності засобів порятунку. Отримані результати дозволяють комплексно оцінити пожежний ризик, підвищити рівень безпеки пацієнтів та оптимізувати заходи протипожежного захисту.

Ключові слова: пожежна безпека, пожежний ризик, реабілітаційні центри, протипожежний захист, евакуація, математичне моделювання

Постановка проблеми

В умовах збройної агресії проти України зросла потреба у створенні розгалуженої мережі реабілітаційних центрів для осіб, що отримали поранення та потребують медичної і психологічної підтримки. Такі заклади поєднують функції лікувальних корпусів, гуртожитків та центрів соціальної адаптації.

Простежується стійка негативна тенденція до зростання кількості пожеж у громадських будівлях, зокрема в закладах охорони здоров'я та реабілітаційних центрах. Встановлено, що частота виникнення пожеж у реабілітаційних закладах має зростаючу динаміку.

Збільшення кількості пацієнтів унаслідок війни призводить до інтенсивнішого використання електричних та теплотехнічних систем. В умовах енергетичної нестабільності активно застосовуються додаткові джерела енергії – генератори, акумулятори, обігрівальні прилади, що значно підвищує ризик загоряння. Частина будівель не відповідає сучасним вимогам пожежної безпеки через застарілість конструкцій і недосконалу систему протипожежного захисту.

Зростання кількості пожеж призводить до зростання рівня індивідуального та колективного пожежного ризику, особливо з огляду на обмежені можливості евакуації маломобільних груп населення. Це вимагає удосконалення методів оцінювання пожежного ризику та розробки комплексної системи управління пожежною безпекою реабілітаційних центрів.

Удосконалений підхід, запропонований у статті, передбачає інтеграцію ймовірності загибелі чи травмування у розрахунок індивідуального пожежного ризику, що робить оцінку більш адаптованою до реальних.

Зростання кількості та наслідків пожеж не лише підвищує актуальність розробки інтегрованих систем управління пожежною безпекою у реабілітаційних центрах, але й вимагає переходу до ризик-орієнтованої моделі з акцентом на превентивні заходи, модернізацію протипожежних систем та розробку алгоритмів евакуації.

Особливістю функціонування таких об'єктів є перебування великої кількості людей з обмеженою мобільністю, застосуванні спеціального медичного обладнання та розміщенні у застарілих будівлях, які проєктувалися без урахування сучасних вимог пожежної безпеки.

Тому, факторами підвищеного пожежного ризику є: використання старих корпусів, обмежені можливості евакуації пацієнтів, висока щільність перебування людей у палатах, загрози, пов'язані з можливістю ураження будівель під час масованих обстрілів.

Разом із тим, комплексних досліджень, присвячених саме реабілітаційним центрам, практично немає.

Проблемним залишається також питання забезпечення сучасними системами протипожежного захисту. Частина реабілітаційних центрів розташована в будівлях, що не були спочатку призначені для медичного використання, або ж у спорудах застарілої забудови, де відсутні автоматичні системи

пожежогасіння, димовидалення та належні евакуаційні виходи. В умовах війни та масованих обстрілів додатковим чинником ризику стали зовнішні пошкодження будівель, що збільшує небезпеку виникнення пожежі та ускладнює своєчасну евакуацію.

Науково-практична проблема полягає у необхідності розроблення методики оцінювання пожежних ризиків, адаптованої саме для реабілітаційних центрів. Така методика має враховувати особливості пацієнтів, щільність перебування людей, обмеження в евакуації, архітектурно-планувальний напрям, а також рівень технічного забезпечення протипожежними системами. Її реалізація дозволить формувати адекватну стратегію управління ризиками, підвищити безпеку перебування пацієнтів і персоналу та забезпечити відповідність сучасним стандартам ризик-орієнтованого підходу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми пожежної безпеки об'єктів охорони здоров'я висвітлювалися у роботах вітчизняних та зарубіжних дослідників. У міжнародній практиці значна увага приділяється розробленню систем управління пожежними ризиками на основі стандартів ISO (23932-1:2018), NFPA (зокрема NFPA 99 «Health Care Facilities»).

Дослідження Ebekoziien A. та Omidvari F. демонструють ефективність інтеграції методів FMEA та багатокритеріального оцінювання для медичних установ. Інші роботи (Gwynne & Rosenbaum, 2018; Stec, 2016) висвітлюють вплив людського фактора та токсичності продуктів горіння на безпеку пацієнтів.

Дослідженням пожежних ризиків займалися науковці, серед яких Є. Гуліда, В. Бегун, З. Яремко, Є. Гаврилко, О. Корольченко, В. Ярошевська, I. Miller, P. Janik та ін.

Вітчизняні дослідження акцентують увагу на специфіці українських об'єктів охорони здоров'я, де значна частина будівель не відповідає сучасним нормам пожежної безпеки. У працях українських науковців розглядаються ризики розвитку пожеж у медичних та реабілітаційних закладах, а також шляхи інтеграції сучасних систем протипожежного захисту з урахуванням обмеженої мобільності пацієнтів.

Методологічні підходи, застосовані в останніх дослідженнях, включають як кількісні оцінки ризику (ймовірність виникнення пожежі та умовна ймовірність травмування чи загибелі людей), так і якісний аналіз джерел небезпеки та ефективності

існуючих систем безпеки. Встановлено, що для реабілітаційних центрів критичною є оцінка евакуаційних можливостей маломобільних груп, стану електромереж та наявності легкозаймистих матеріалів, а також вплив людського фактору на швидкість реагування під час надзвичайних ситуацій.

Огляд останніх публікацій показує, що дослідження в сфері пожежної безпеки реабілітаційних центрів, особливо для військовослужбовців, залишаються обмеженими. Це створює потребу у впровадженні комплексного ризик-орієнтованого підходу, який враховує архітектурні особливості будівель, специфіку медичного обладнання та соціальні фактори перебування пацієнтів. Такий підхід дозволяє не лише оцінити потенційний ризик, а й розробити превентивні заходи та алгоритми адаптивної евакуації, підвищуючи загальний рівень безпеки.

Таким чином, проведений аналіз свідчить про високий рівень уваги міжнародної та вітчизняної науки до проблем пожежної безпеки медичних установ, водночас підкреслюючи нестачу комплексних досліджень саме для реабілітаційних центрів. Ця прогалина обґрунтовує актуальність подальших наукових розробок у напрямі інтегрованих систем управління пожежними ризиками.

Формування мети статті

Метою статті є обґрунтування особливостей оцінювання пожежних ризиків у реабілітаційних центрах охорони здоров'я з урахуванням специфіки їх функціонування, складу пацієнтів та архітектурно-планувальних характеристик будівель. Для досягнення цієї мети передбачено:

визначити чинники, що найбільш суттєво впливають на пожежну небезпеку та рівень індивідуального ризику для пацієнтів і персоналу реабілітаційних центрів;

розробити класифікацію реабілітаційних центрів за ступенем пожежного ризику;

сформувати методичні засади ризик-орієнтованої оцінки пожежної безпеки, що можуть бути використані для підвищення ефективності управління ризиками та розроблення рекомендацій щодо удосконалення систем протипожежного захисту.

Реалізація поставленої мети сприятиме підвищенню рівня пожежної безпеки у реабілітаційних центрах, зменшенню ймовірності загибелі та травмування людей у надзвичайних ситуаціях, а також удосконаленню нормативної та методичної бази у сфері ризик-орієнтованого управління.

Виклад основного матеріалу

Реабілітаційні центри – це спеціалізовані заклади, діяльність яких спрямована на надання комплексної медичної, психологічної та соціальної підтримки особам, що мають фізичні або психічні порушення, отримані травми чи хронічні захворювання. Основним завданням таких установ є відновлення функціональних можливостей організму, покращення якості життя пацієнтів та забезпечення їх успішної соціальної адаптації. У межах реабілітаційних програм передбачено застосування різних методів фізичної, психологічної та соціальної терапії, які сприяють зміцненню фізичного стану, гармонізації психоемоційної сфери та інтеграції людей з особливими потребами у суспільне життя [1].

Реабілітаційні центри функціонують в умовах високої соціальної значущості та підвищених вимог до безпеки. Їхня специфіка полягає у поєднанні медичної інфраструктури, побутових приміщень, адміністративних зон і місць масового перебування людей з обмеженими фізичними можливостями. Це зумовлює необхідність створення комплексної системи управління пожежною безпекою, здатної забезпечити превентивний контроль ризиків, ефективне реагування на надзвичайні ситуації та мінімізацію наслідків пожеж [1, 2].

До основних пожежних небезпек у реабілітаційних центрах належать:

використання легкозаймистих матеріалів у конструкціях будівель та оздобленні приміщень;

наявність кисневих балонів та іншого медичного обладнання, що підвищує ймовірність займання та вибуху;

високий рівень електричного навантаження, зумовлений експлуатацією апаратури для лікування та життєзабезпечення;

обмежені можливості евакуації пацієнтів із пораненнями та порушеннями рухливості;

ризики вторинних пожеж унаслідок бойових дій (ракетно-дронові удари, уламки тощо) [3,6].

У сукупності дані чинники значно підвищують рівень пожежного ризику в реабілітаційних центрах, оскільки сприяють швидкому розвитку та поширенню вогню, ускладнюють евакуацію пацієнтів і персоналу та можуть призвести до катастрофічних наслідків для життя і здоров'я людей. В умовах війни небезпека зростає ще й через можливість одночасного впливу кількох факторів ризику – наприклад, пошкодження електричних мереж під час обстрілу на фоні високого навантаження медичної апаратури або займання конструкцій будівлі при контакті з уламками від

вибуху боєприпасів. Це зумовлює потребу у впровадженні комплексної системи управління пожежною безпекою, яка базується на ризик-орієнтованому підході, враховує специфіку таких закладів та передбачає адаптивні механізми реагування (Таблиця 1).

Таблиця 1.

Основні чинники підвищення пожежного ризику в реабілітаційних центрах

Категорія ризику	Приклади предметів	Потенційна небезпека
Горючі матеріали	М'які меблі, поролон, текстиль, пластикові панелі, лінолеум, утеплювачі, папір, книги, архіви	Швидке займання, інтенсивне поширення вогню, утворення токсичного диму
Електричні ризики	Обігрівачі, чайники, телевізори, холодильники, пральні та сушильні машини, праски, ліжка з електроприводом, стара електропроводка	Перегрів, коротке замикання, іскріння, пожежа від перевантаження мережі
Медичне обладнання	Кисневі концентратори, апарати ШВЛ, інгалятори, інші пристрої з електроприводом, Кисневі балони, централізована подача кисню	Несправність може спричинити займання; при витoku кисню – посилене горіння, Підвищена інтенсивність горіння, небезпека вибуху при пошкодженні
Хімічні речовини	Лаки, фарби, дезінфектанти, побутова хімія, паливо для генераторів	Вибухонебезпечні та легкозаймисті пари
Людський фактор	Цигарки, запальнички, свічки, ароматичні лампи	Порушення правил безпеки, недбалість персоналу або пацієнтів

З урахуванням цих факторів формується профіль пожежного ризику об'єкта, що є основою для розроблення превентивних і реагуючих заходів.

Комплексна система управління пожежною безпекою реабілітаційних центрів на наш погляд має складатися з трьох підсистем:

– технічна підсистема – забезпечує виявлення та локалізацію пожежі. До її складу входять системи пожежної сигналізації, автоматичного оповіщення, димовидалення, стаціонарного та локального пожежогасіння. Важливою умовою є наявність резервного електроживлення та резервних каналів передачі сигналів;

– організаційна підсистема – спрямована на формування навичок персоналу та координацію дій під час пожежі. Вона включає регулярні навчання,

моделювання сценаріїв евакуації, створення спеціалізованих бригад допомоги пацієнтам з обмеженими можливостями, а також підтримку оперативного зв'язку з підрозділами ДСНС;

– інформаційно-аналітична підсистема передбачає використання цифрових технологій для моніторингу пожежних ризиків. Вона базується на створенні інтегрованої цифрової моделі ризику, яка дозволяє прогнозувати розвиток пожежі, оцінювати сценарії евакуації та визначати ефективність превентивних заходів [3].

Пропонується такий алгоритм функціонування системи для реабілітаційних заходів, що включає такі етапи:

1. Моніторинг стану систем та середовища (сенсорні системи, камери, цифровий аналіз).

2. Виявлення ознак пожежі (сигнал пожежної автоматики, підтвердження персоналом).

2. Прийняття рішень (автоматизоване визначення сценарію: локалізація пожежі, евакуація, виклик ДСНС).

3. Оповіщення та евакуація з урахуванням маломобільних груп населення.

4. Локалізація та гасіння пожежі (автоматичні системи та оперативні дії персоналу).

5. Аналіз інциденту для оновлення цифрової моделі ризику та вдосконалення системи.

Для підвищення рівня безпеки у реабілітаційних центрах доцільно застосовувати:

адаптовані системи евакуації та оповіщення для осіб з обмеженою мобільністю;

спеціалізовані евакуаційні ліфти та каталкові ноші;

створення резервних евакуаційних виходів;

використання інтелектуальних платформ для моніторингу стану пожежної безпеки у реальному часі;

інтеграцію реабілітаційних центрів в регіональні системи цивільного захисту [3, 8].

Проекти реконструкції та будівництва реабілітаційних центрів повинні бути погоджені пожежною інспекцією. Також дані установи мають надавати підрозділам цивільного захисту, у районі виїзду яких вони розміщені, уточнену інформацію про кількість пацієнтів та персоналу.

Реабілітаційні центри мають особливу соціальну і стратегічну значущість у сучасних умовах війни, адже вони не лише виконують медичні функції, а й є простором відновлення фізичного та психологічного стану пацієнтів. Саме тому питання пожежної безпеки у таких закладах виходить за межі формального виконання нормативних вимог і перетворюється на

один із визначальних чинників їхньої необхідності. Особливість даних об'єктів полягає у тому, що значна кількість осіб, які там перебувають, мають суттєві обмеження у пересуванні, користуються спеціальними медичними пристроями або перебувають на стаціонарному лікуванні, що ускладнює процес евакуації. Таким чином, навіть незначна пожежа може призвести до критичних наслідків, якщо система управління безпекою не є комплексною, інтегрованою та адаптивною [1, 3].

Функціонування реабілітаційних центрів має ряд особливостей, що зумовлюють підвищений рівень пожежного ризику. Йдеться не лише про наявність легкозаймистих матеріалів чи високі електричні навантаження, а й про специфіку медичного обладнання, зокрема систем, що працюють із киснем. Такі умови створюють передумови для інтенсивного розвитку пожежі та ускладнюють процес її локалізації. Окремої уваги потребує людський фактор: пацієнти відрізняються низькою мобільністю, підвищеною психоемоційною вразливістю, а у випадку надзвичайної ситуації не можуть реагувати адекватно. У поєднанні з архітектурними особливостями будівель, де часто розташовуються такі центри – формується система пожежних ризиків, що традиційні підходи пожежної безпеки не завжди здатні врахувати [1, 9].

Традиційні методи організації протипожежного захисту базуються на нормативних документах, що встановлюють вимоги до сигналізації, евакуаційних виходів, засобів пожежогасіння та інструктажу персоналу. Однак практика показує, що формальне виконання цих вимог не гарантує належного рівня безпеки у випадку з реабілітаційними центрами. Це пов'язано з тим, що більшість нормативів орієнтована на умовно здорових людей, які здатні швидко пересуватися, орієнтуватися у просторі та самостійно приймати рішення. У ситуації, коли евакуація навіть одного пацієнта потребує участі кількох осіб, а швидкість пересування суттєво нижча, стандартні сценарії реагування виявляються недостатніми. Отже, виникає потреба у ризик-орієнтованому підході, що дозволяє не лише регламентувати технічні засоби захисту, а й моделювати реальні сценарії розвитку пожежі з урахуванням усіх специфічних факторів [2, 3].

Комплексна система управління пожежною безпекою у реабілітаційних центрах передбачає інтеграцію технічних, організаційних та інформаційно-аналітичних рішень. Її основою виступають сучасні системи пожежної сигналізації, автоматичного оповіщення, димовидалення та

пожежогасіння, здатні функціонувати навіть в умовах пошкодження основних мереж. Не менш важливим є резервування електроживлення, оскільки відмова обладнання у критичний момент може зробити неможливою не лише локалізацію пожежі, а й забезпечення життєдіяльності пацієнтів. Організаційний аспект системи вимагає систематичної підготовки персоналу, проведення тренувань з евакуації, створення спеціальних груп, відповідальних за допомогу маломобільним особам. Лише за умови злагоджених дій персоналу технічні засоби захисту зможуть виконати своє призначення [1, 10].

Новим і перспективним напрямом є впровадження інформаційно-аналітичних технологій у сферу пожежної безпеки. Мова йде про створення цифрової моделі ризику об'єкта, яка в режимі реального часу аналізує стан систем, кількість людей у приміщенні, шляхи евакуації, а також прогнозує розвиток пожежі залежно від джерела займання та конфігурації простору. Така модель дає змогу не лише підвищити рівень превентивного контролю, а й адаптувати управлінські рішення у процесі реагування. У міжнародній практиці все більшого поширення набувають інтегровані системи «розумної безпеки», які поєднують функції пожежного моніторингу, оповіщення, координації евакуації та автоматичного залучення служб екстреного реагування. Для України такі рішення є перспективними з огляду на необхідність забезпечення стійкості критично важливих об'єктів у воєнних умовах [2, 11].

Математична модель оцінки індивідуального пожежного ризику для реабілітаційних центрів базується на визначенні ймовірності виникнення пожежі та масштабів її можливих наслідків. Вона дозволяє формалізувати вплив різних факторів, серед яких конструктивні особливості будівлі, наявність медичного обладнання, стан електромереж, рівень підготовленості персоналу та кількість пацієнтів. Застосування такої моделі забезпечує науково обґрунтоване визначення критичних зон ризику та дає змогу визначити відповідні заходи безпеки [2].

Запропонована методика оцінки пожежних ризиків у реабілітаційних центрах:

1. Індивідуальний пожежний ризик (ризик загибелі або травмування на пожежі):

$$Ri = Qп \times S \times Pпб \quad (1)$$

де: $Qп$ – частота виникнення пожеж у закладі (пожеж/рік),

S – середня кількість пацієнтів/персоналу, які перебувають у центрі,

$Pпб$ – імовірність загибелі або травмування

однієї людини на пожежі (залежить від наявності систем протипожежного захисту).

2. Сумарний (колективний) ризик для всього закладу:

$$Rк = Ri \times N \quad (2)$$

де: N – загальна кількість людей у центрі.

3. Імовірність пожежі з урахуванням специфіки реабілітаційного центру:

$$Pп = Qп \times Fr \quad (3)$$

де: Fr – фактор ризику, що враховує підвищені рівні небезпеки: використання медичного обладнання, кисневих балонів ($Fr = 1,2-1,5$),

перебування маломобільних пацієнтів ($Fr = 1,1-1,3$),

обмежені можливості персоналу для швидкої ліквідації займання ($Fr = 1,1$).

Загальне Fr визначається як добуток часткових коефіцієнтів.

4. Очікувані матеріальні та соціальні втрати:

$$L = Pп \times Cвтр \quad (4)$$

де: $Cвтр$ – можливі збитки (економічні у грошовому виразі).

5. Критерій прийнятності ризику:

$$R \leq R_{доп} \quad (5)$$

Для реабілітаційних центрів пропонується застосовувати нормативний критерій:

індивідуальний ризик: $Ri \leq 1 \times 10^{-6}$ на рік

колективний ризик: $Rк$ оцінюється додатково й порівнюється з пороговими рівнями, прийнятими у вітчизняній практиці.

Інтервали коефіцієнтів Fr запропоновано використовувати як емпірично-експертні значення на основі огляду літератури та звітів про інциденти у медичних закладах.

Для оцінки пожежного ризику в реабілітаційних центрах пропонується використовувати інтегральний підхід, що поєднує якісний та кількісний аналіз. Якісний аналіз передбачає ідентифікацію потенційних джерел пожежі, оцінку ефективності існуючих систем протипожежного захисту та аналіз людського фактору (Таблиця 2).

Важливим є врахування особливостей зберігання медикаментів, кисневого обладнання та інших легкозаймистих матеріалів. Для зниження ризику необхідно впроваджувати спеціальні протипожежні заходи, такі як використання вогнестійких шаф, ізоляція небезпечних зон та контроль температурного режиму. Також важливо регулярно проводити інструктаж персоналу та перевірку справності обладнання для своєчасного запобігання надзвичайним ситуаціям [2, 12].

Таблиця 2.
Класифікація реабілітаційних центрів за
пожежним ризиком

Рівень ризику	Інтервал ризику	Характеристика об'єкту	Рекомендації щодо протипожежного захисту
Низький	$Ri \leq 1 \times 10^{-6}$	Центри з невеликою кількістю пацієнтів (≤ 30), мінімальним використанням кисневого обладнання та мобільними пацієнтами	Стандартні системи пожежного захисту, регулярні навчання персоналу
Середній	$1 \times 10^{-6} < Ri \leq 5 \times 10^{-6}$	Центри середнього розміру, з частково маломобільними пацієнтами (31–60), наявність електроприладів та кисневих балонів	Посилений контроль джерел займання, часткове автоматичне пожежогасіння, підвищена підготовка персоналу
Високий	$5 \times 10^{-6} < Ri \leq 1 \times 10^{-5}$	Великі центри, значна частка маломобільних та лежачих пацієнтів (61–100), інтенсивне використання кисню та електроприладів	Обов'язкове автоматичне пожежогасіння (спринклери), системи раннього виявлення, резервні джерела живлення, розробка планів евакуації
Критичний	$Ri > 1 \times 10^{-5}$	Центри з великою кількістю тяжкохворих пацієнтів (> 100), високим навантаженням електрообладнання, складна планувальна структура	Комплексна модернізація систем пожежного захисту, постійний моніторинг ризиків, персонал підготовлений для екстрених ситуацій, регулярні тренування, аудит безпеки

Особливості кількісного та якісного аналізу:

кількісний аналіз – розрахунок індивідуального пожежного ризику Врахування частоти виникнення пожеж, ймовірності травмування та коефіцієнта обмеженої мобільності пацієнтів;

якісний аналіз – ідентифікація потенційних джерел загоряння, оцінка ефективності існуючих систем пожежної безпеки, аналіз людського фактору та евакуації.

Висновки

Проведене дослідження показало, що

реабілітаційні центри належать до категорії об'єктів з підвищеним пожежним ризиком через особливості функціонування (наявність маломобільних пацієнтів, використання медичного обладнання, балонів з киснем, підвищені вимоги до безперервності лікувального процесу).

На основі положень ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека» та адаптації до умов реабілітаційних центрів запропоновано метод оцінювання індивідуального пожежного ризику, що враховує частоту виникнення пожежі, ймовірність небезпечних наслідків та умови перебування пацієнтів і персоналу.

Встановлено, що нормативно закріпленого значення граничного рівня індивідуального пожежного ризику для реабілітаційних центрів наразі немає. Значення $Ri \leq 1 \times 10^{-6}$ на рік використовується у вітчизняній практиці як орієнтовний критерій прийнятності, узятий за аналогією до міжнародних стандартів.

Запропонована методика може бути використана для класифікації реабілітаційних центрів за рівнем пожежного ризику, визначення пріоритетних напрямів модернізації протипожежного захисту, а також як інструмент для обґрунтування управлінських рішень у сфері пожежної безпеки закладів охорони здоров'я.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку інтегрованої ризик-орієнтованої системи управління пожежною безпекою реабілітаційних центрів, яка враховуватиме не лише ймовірність виникнення пожежі, але й ефективність інженерно-технічних засобів захисту та організаційних заходів.

Література

- Боряк, О. В. (2024). Центри реабілітації в Україні: реальні та перспективи. Inclusion and Diversity, (3), 10–14.
- Koval, R., Yemelyanenko, S., Kuzyk, A., & Starodub, Y. (2023). Assessing the risk of material damage of building construction of high-rise rooms due to fires and emergencies. Construction Technologies and Architecture, 9, 49–57.
- Коваль, Р. Р. (2025). Застосування комплексної експертно-статистичної моделі оцінювання пожежного ризику для об'єктів критичної інфраструктури. Підсумкова науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих вчених, Національна академія Національної гвардії України, 31–36.
- Lovreglio, R. (2020). Tailored evacuation strategies for hospital safety: A review. Safety Science, 129, 104805. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104805>
- Ronchi, E., & Nilsson, D. (2013). Fire evacuation in healthcare premises: Modelling and analysis. Fire Safety Journal, 62, 9–22. URL: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.03.002>
- Gwynne, S., & Rosenbaum, E. (2018). Human behaviour in fire: Modelling and simulation. Procedia

Engineering, 212, 1133–1140. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.148>

8. De Silva, S. (2025). Risks associated with medical gases in healthcare facilities. Uniselinus Education. URL: <https://www.uniselinus.education/sites/default/files/2025-03/Shane%20De%20Silva%20.pdf>

9. National Institute of Fire and Rescue Services. (2021). Fire safety in healthcare premises: Guidelines and recommendations. URL: <https://www.nifrs.org/wpcontent/uploads/2021/02/Healthcare-Premises.pdf>

10. Ebekozien, A., Aigbavboa, C., Ayo-Odifiri, S. O., & Salim, N. A. A. (2021). An assessment of fire safety measures in healthcare facilities in Nigeria. Property Management, 39(3), 376–391. URL: <https://doi.org/10.1108/PM-02-2020-0343>

11. Omidvari, F., Jahangiri, M., Mehryar, R., Alimohammadlou, M., & Kamalinia, M. (2020). Fire risk assessment in healthcare settings: Application of FMEA combined with multi-criteria decision making methods. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 8913497. URL: <https://doi.org/10.1155/2020/8913497>

12. O'Donovan, R., & McAuliffe, E. (2020). A systematic review of factors that enable psychological safety in healthcare teams. International Journal for Quality in Health Care, 32(4), 240–250. URL: <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzaa021>

References

1. Boriak, O. V. (2024). Tsentry rehabilitatsii v Ukraini: realii ta perspektyvy [Rehabilitation centers in Ukraine: realities and prospects]. Inclusion and Diversity, (3), 10–14. [in Ukrainian]

2. Koval, R., Yemelyanenko, S., Kuzyk, A., & Starodub, Y. (2023). Assessing the risk of material damage of building construction of high-rise rooms due to fires and emergencies. Construction Technologies and Architecture, 9, 49–57.

3. Koval, R. R. (2025). Zastosuvannya kompleksnoi ekspertno-statystychnoi modeli otsiniuvannya pozhezhnogo ryzyku dlia ob'ektiv krytychnoi infrastruktury [Application of an integrated expert-statistical model for fire risk assessment of critical infrastructure objects]. Pidsumkova nauково-praktychna konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh vchenykh, Natsionalna akademiia Natsionalnoi hvardii Ukrainy, 31–36. [in Ukrainian].

4. Koval, I., Tkach, Yu., Kyryliuk, V., & Yemelianenko, S. (2025). Otsiniuvannya pozhezhnykh ryzykiv zahybeli vid pozhezh u likuvalno-profilaktychnykh zakladakh okhorony zdorovia [Assessment of fire risks and deaths from fire in health care institutions]. In Problemy ta perspektyvy rozvytku systemy bezpeky zhyttiedialnosti: Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Cadets and Students (pp. 172–176). Lviv: Lviv State University of Life Safety. [in Ukrainian]

4. Lovreglio, R. (2020). Tailored evacuation strategies for hospital safety: A review. Safety Science, 129, 104805. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104805>

5. Ronchi, E., & Nilsson, D. (2013). Fire evacuation in healthcare premises: Modelling and analysis. Fire Safety Journal, 62, 9–22. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.03.002>

6. Gwynne, S., & Rosenbaum, E. (2018). Human

behaviour in fire: Modelling and simulation. Procedia Engineering, 212, 1133–1140. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.148>

8. De Silva, S. (2025). Risks associated with medical gases in healthcare facilities. Uniselinus Education. Retrieved from <https://www.uniselinus.education/sites/default/files/2025-03/Shane%20De%20Silva%20.pdf>

9. National Institute of Fire and Rescue Services. (2021). Fire safety in healthcare premises: Guidelines and recommendations. Retrieved from: <https://www.nifrs.org/wpcontent/uploads/2021/02/Healthcare-Premises.pdf>

10. Ebekozien, A., Aigbavboa, C., Ayo-Odifiri, S. O., & Salim, N. A. A. (2021). An assessment of fire safety measures in healthcare facilities in Nigeria. Property Management, 39(3), 376–391. <https://doi.org/10.1108/PM-02-2020-0343>

11. Omidvari, F., Jahangiri, M., Mehryar, R., Alimohammadlou, M., & Kamalinia, M. (2020). Fire risk assessment in healthcare settings: Application of FMEA combined with multi-criteria decision making methods. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 8913497. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2020/8913497>

12. O'Donovan, R., & McAuliffe, E. (2020). A systematic review of factors that enable psychological safety in healthcare teams. International Journal for Quality in Health Care, 32(4), 240–250. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzaa021>

Рецензент: д-р техн. наук, ст. дослідник Я.В. Балло, Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, Україна

Автор: КОВАЛЬ Роман Романович

доктор філософії за спеціальністю «Пожарна безпека»

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

e-mail: koval_roman@nuczu.edu.ua

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8970-2831>

Автор: ЄМЕЛЬЯНЕНКО Сергій Олександрович

кандидат технічних наук, старший дослідник Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

e-mail: yemelyanenko@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-8428>

Автор: КОВАЛЬ Ігор Романович

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

e-mail: igorkoval_@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3908-7790>

ON THE FEATURES OF FIRE RISK ASSESSMENT IN REHABILITATION CENTERS

R.R. Koval¹, S.O. Yemelyanenko², I.R. Koval²

¹Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine

²Lviv State University of Life Safety

In the context of armed aggression against Ukraine, the need to create an extensive network of rehabilitation centers for those injured and in need of medical and psychological support has increased. Such institutions combine the functions of medical buildings, dormitories, and social adaptation centers.

There is a steady negative trend towards an increase in the number of fires in public buildings, in particular in healthcare facilities and rehabilitation centers. It has been established that the frequency of fires in rehabilitation facilities has an increasing trend.

The increase in the number of patients due to the war leads to a more intensive use of electrical and heating systems. In conditions of energy instability, additional energy sources are actively used - generators, batteries, heating devices, which significantly increases the risk of fire. Some buildings do not meet modern fire safety requirements due to outdated structures and an imperfect fire protection system.

The increase in the number of fires leads to an increase in the level of individual and collective fire risk, especially given the limited evacuation possibilities of low-mobility population groups. This requires improving fire risk assessment methods and developing a comprehensive fire safety management system for rehabilitation centers.

The improved approach proposed in the article involves integrating the probability of death or injury into the calculation of individual fire risk, which makes the assessment more adapted to real-world conditions.

The increase in the number and consequences of fires not only increases the relevance of developing integrated fire safety management systems in rehabilitation centers, but also requires a transition to a risk-oriented model with an emphasis on preventive measures, modernization of fire protection systems, and development of evacuation algorithms.

A feature of the functioning of such facilities is the presence of a large number of people with limited mobility, the use of special medical equipment and placement in outdated buildings that were designed without taking into account modern fire safety requirements.

Therefore, factors of increased fire risk are: the use of old buildings, limited possibilities for evacuating patients, high density of people in wards, threats associated with the possibility of damage to buildings during massive shelling.

However, there are practically no comprehensive studies dedicated specifically to rehabilitation centers.

The issue of providing modern fire protection systems also remains problematic. Some rehabilitation centers are located in buildings that were not originally intended for medical use, or in outdated buildings that lack automatic fire extinguishing systems, smoke extraction, and proper evacuation exits. In conditions of war and massive shelling, external damage to buildings has become an additional risk factor, which increases the risk of fire and complicates timely evacuation.

Thus, the scientific and practical problem is the need to develop a methodology for assessing fire risks, adapted specifically for rehabilitation centers. Such a methodology should take into account the characteristics of patients, the density of people, evacuation restrictions, architectural and planning direction, as well as the level of technical support for fire-fighting systems. Its implementation will allow forming an adequate risk management strategy, increasing the safety of patients and staff, and ensuring compliance with modern standards of a risk-oriented approach.

Keywords: fire safety, fire risk, rehabilitation centers, fire protection, evacuation, mathematical modeling