

УДК 351.862

№ держреєстрації 0122U000019

Інв. № _____

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94, тел. (057) 707-34-20

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. ректора НУЦЗ України

доктор технічних наук,

старший науковий співробітник



Ю. П. Ключка

_____ 2023 р.

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ
ОРґАНІВ ДИХАННЯ ДЛЯ САМОРЯТУВАННЯ ПІД ЧАС ПОЖЕЖ
В БУДІВЛЯХ, ЯКІ ВИЗНАЧЕНІ ПРАВИЛАМИ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ
(остаточний)

Науковий керівник НДР
доктор технічних наук, професор

Р. В. Пономаренко

« 09 » _____ 2023 р.

2023

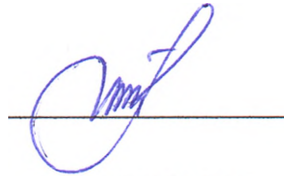
Рукопис закінчено 9 листопада 2023 р.

Результати роботи розглянуто
вченою радою НУЦЗ України, протокол
від « 21 » _____ 2023 р. № 4

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР:

Начальник факультету
оперативно-рятувальних сил
доктор технічних наук, професор

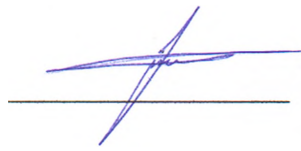


Р. В. Пономаренко
(вступ; розділ 1)

09.11.2023

Відповідальний виконавець:

Начальник кафедри пожежної
профілактики в населених
пунктах факультету пожежної
безпеки
доктор технічних наук, професор

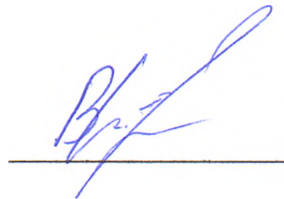


Ю. А. Отрош
(розділ 2; висновки)

09.11.2023

Виконавці:

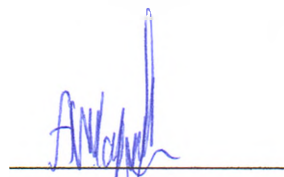
Старший викладач кафедри
автоматичних систем безпеки та
інформаційних технологій
факультету пожежної безпеки
доктор технічних наук, професор



В. М. Стрілець
(розділ 3; висновки)

09.11.2023

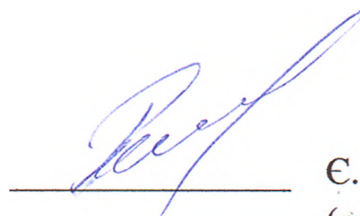
Старший викладач кафедри
спеціальної хімії та хімічної
технології факультету
оперативно-рятувальних сил
доктор технічних наук, доцент



А. Я. Шаршанов
(розділ 3)

09.11.2023

Заступник начальника центру-
начальник відділу організації
науково-дослідної та патентної
діяльності науково-дослідного
центру
доктор технічних наук, професор



Є. О. Рибка
(розділ 1)

09.11.2023

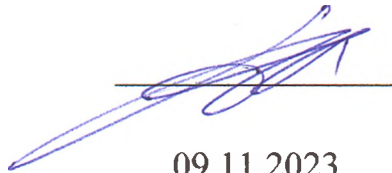
Доцент кафедри пожежної та
рятувальної підготовки
факультету
оперативно-рятувальних сил
доктор технічних наук, професор



Р. Г. Мелешченко
(розділ 3)

09.11.2023

Заступник начальника кафедри
пожежної та рятувальної
підготовки факультету
оперативно-рятувальних сил
кандидат педагогічних наук,
доцент



О. В. Черкашин
(вступ; розділ 3)

09.11.2023

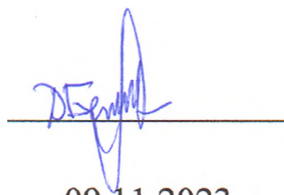
Старший викладач кафедри
пожежної та рятувальної
підготовки факультету
оперативно-рятувальних сил
кандидат технічних наук, доцент



С. М. Щербак
(розділ 3)

09.11.2023

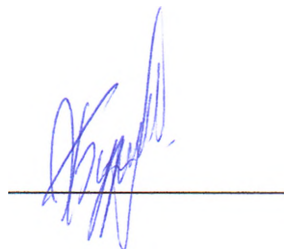
Старший викладач кафедри
пожежної та рятувальної
підготовки факультету
оперативно-рятувальних сил
кандидат технічних наук



Д. Ю. Белюченко
(розділ 3)

09.11.2023

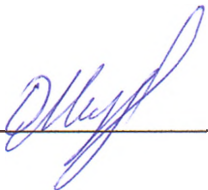
Викладач кафедри пожежної та
рятувальної підготовки
факультету
оперативно-рятувальних сил
кандидат технічних наук



О. А. Бурменко
(розділ 3)

09.11.2023

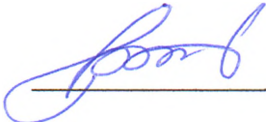
Доцент кафедри пожежної
профілактики в населених
пунктах факультету пожежної
безпеки
кандидат технічних наук, доцент



09.11.2023

О. В. Миргород
(розділ 2)


Науковий співробітник відділу
організації науково-дослідної та
патентної діяльності науково-
дослідного центру



09.11.2023

Р. С. Мележик
(розділ 1)

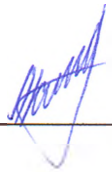
Старший науковий співробітник
відділу організації науково-
дослідної та патентної діяльності
науково-дослідного центру
доктор філософії



09.11.2023

Ю. В. Михайловська
(розділ 1)

Доцент кафедри пожежної та
рятувальної підготовки
факультету
оперативно-рятувальних сил
кандидат технічних наук, доцент



09.11.2023

П. Ю. Бородич
(вступ; розділ 3)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 128 с., 11 табл., 63 рис., 43 джерела.

САМОРЯТІВНИК, ФАКТИЧНИЙ ЧАС ЕВАКУАЦІЇ, ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ, АВТОНОМНИЙ ДИХАЛЬНИЙ АПАРАТ, ІЗОЛЮЮЧИЙ АПАРАТ

Об'єкт дослідження – засоби індивідуального захисту органів дихання для саморятування під час пожеж в будівлях, які визначені Правилами пожежної безпеки в Україні.

Мета роботи – підвищення ефективності використання засобів індивідуального захисту органів дихання для саморятування під час пожеж в будівлях, які визначені Правилами пожежної безпеки в Україні.

Методи дослідження – теоретичні та експериментальні засоби дослідження часу евакуації з будівель, які згідно Правил пожежної безпеки необхідно оснащувати засобами індивідуального захисту органів дихання для саморятування.

Для безпечної евакуації людей з об'єктів з масовим перебуванням людей для яких згідно норм необхідно використовувати саморятівники було проведено розрахунки фактичного часу евакуації персоналу та відвідувачів. Опираючись на значення фактичного часу евакуації для кожного об'єкта, було запропоновано автономний дихальний апарат, який найбільш ефективно використовувати.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	8
1 Аналіз та узагальнення нормативної, науково-технічної літератури.....	10
1.1 Аналіз нормативної літератури.....	10
1.1.1 Дотримання протипожежних вимог у навчальних закладах.....	10
1.1.2 Дотримання протипожежних вимог у закладах дошкільної освіти...	14
1.1.3 Дотримання протипожежних вимог у культурно-видовищних та дозвіллевих закладах.....	16
1.1.4 Дотримання протипожежних вимог у закладах охорони здоров'я....	19
1.1.5 Дотримання протипожежних вимог у підприємствах торгівлі.....	21
1.1.6 Дотримання протипожежних вимог у готелях.....	24
1.1.7 Дотримання протипожежних вимог у висотних будівлях.....	25
1.2 Аналіз науково-технічної літератури.....	27
2 Аналіз об'єктів, які необхідно оснащувати ЗІЗОД для саморяттування...	32
2.1 Дослідження часу евакуації людей з дитячих закладів з цілодобовим режимом роботи, літніх дитячих дач.....	32
Висновки за розділом 2.1.....	41
2.2 Дослідження часу евакуації людей з культурно-видовищних та дозвіллевих закладів.....	41
Висновки за розділом 2.2.....	47
2.3 Дослідження часу евакуації людей з лікарень та інших закладів охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих.....	47
Висновки за розділом 2.3.....	54
2.4 Дослідження часу евакуації людей з торговельних підприємств, ресторанів, кафе, їдальнь.....	54
Висновки за розділом 2.4.....	68
2.5 Дослідження часу евакуації людей з готелів та готельних комплексів...	68
Висновки за розділом 2.5.....	80
3 Дослідження ЗІЗОД для саморяттування.....	81

3.1 Дослідження автономних саморятівників на стисненому повітрі.....	81
3.2 Дослідження автономних саморятівників на хімічно зв'язаному кисні	97
3.3 Рекомендації щодо використання автономних засобів захисту органів дихання, які можливо застосовувати для саморяткування під час пожеж в будівлях які визначені Правилами пожежної безпеки в Україні.....	115
Висновки.....	119
Перелік джерел посилання.....	125

ВСТУП

Забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною складовою діяльності держави щодо захисту життя та здоров'я людини, майна і навколишнього природного середовища від пожеж. Відповідальність із забезпечення пожежної безпеки об'єктів та запобігання виникнення у них пожеж є складовою діяльності посадових осіб і працівників суб'єктів господарювання. Щодня в Україні, в середньому, виникає 221 пожежа, більшість з яких з причин обстрілів нашої держави країною-агресором. Матеріальні втрати від яких складають більше 500 млн гривень. Кожного дня під завалами та у пожежах гинуть та отримують травми десятки людей, в тому числі і діти. Вогнем знищується сотні будинків та споруд, десятки одиниць спеціальної техніки.

Найбільшою небезпекою під час пожеж є задимлення приміщень, що створюється у випадку, якщо димом заповнені сходові клітки, коридори, вентиляційні канали і шахти ліфтів. В умовах пожежі продукти згорання і теплового розкладання, що входять до складу диму, діють на організм людини комбіновано, тому їхня загальна токсичність є небезпечною для життя, навіть, за незначних концентрацій.

Граничні допустимі концентрації (далі – ГДК) шкідливих речовин – це їх концентрація, яка за постійної роботи протягом усього трудового стажу не здатна викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я працюючого. Внаслідок пожежі склад шкідливих речовин у повітрі може підвищитись у сотні та тисячі разів по відношенню до ГДК, через що атмосфера стає не тільки непридатною, але й небезпечною для життя людей з незахищеними органами дихання. За великих концентрацій продуктів згорання у складі диму знижується відсотковий уміст кисню, що за лічені секунди призводить до смерті людини. Використання фільтрувальних саморятівників можливе лише за умови, що вміст кисню в небезпечному повітрі буде не менше 17 %, але ця умова не завжди буде виконуватися під час реальної пожежі.

Тож питання забезпечення автономними ізолювальними засобами індивідуального захисту органів дихання для саморятування людей під час пожеж на об'єктах різного функціонального призначення є актуальною та важливою науковою проблемою у сфері цивільного захисту, що потребує більш детального вивчення та пошуку вирішення проблеми в рамках наукового сьогодення.

1 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ НОРМАТИВНОЇ, НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Аналіз нормативної літератури

1.1.1 Дотримання протипожежних вимог у навчальних закладах

Основний нормативний документ [1]. Ці будівельні норми поширюються на проектування нових і реконструкцію існуючих будівель закладів освіти (крім закладів дошкільної освіти):

- закладів загальної середньої освіти (у тому числі з організацією інклюзивного навчання, шкіл-інтернатів, спеціалізованих шкіл: гімназій, ліцеїв та інших середніх закладів освіти);

- закладів професійної (професійно-технічної) освіти (далі – профтехучилища), навчальних закладів професійного навчання та перепідготовки робітничих кадрів та спеціалістів на виробництві (далі – навчальні комбінати);

- закладів вищої освіти (університетів, академій, інститутів, коледжів);

- закладів післядипломної освіти, у тому числі підрозділів перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів (далі – інститути післядипломної освіти);

- навчальних комплексів (центрів), що включають декілька закладів одного або різних рівнів освіти, міжшкільних ресурсних центрів (міжшкільних навчально-виробничих комбінатів).

Загальні вимоги.

При проектуванні всіх закладів освіти необхідно забезпечувати доступність учнів та студентів, що відносяться до маломобільних груп населення, та осіб з інвалідністю (насамперед тих, які пересуваються на кріслах колісних) до будівель та їх приміщень.

Системи протипожежного захисту.

Будівлі та споруди закладів освіти повинні бути обладнані автоматичними системами сигналізації та регламентації часу (п. 8.39) [1].

Вимоги щодо обладнання будівель та споруд закладів освіти автоматичною пожежною сигналізацією та системою оповіщення про пожежу і керування евакуацією людей (п. 8.46) [1].

Шляхи евакуації та евакуаційні виходи.

Шляхи евакуації у будівлі закладу загальної середньої освіти із організацією інклюзивного навчання слід передбачати згідно з вимогами п. 6.70 [1].

Ширина у просвіті вхідного тамбуру має бути не менше 2,2 м, вхідних дверей – не менше ніж 1,2 м.

Ширина дверних і відкритих прорізів у стіні, а також виходів із приміщень і з коридорів у сходову клітку повинна бути не менше ніж 0,9 м. Ширину прорізів у стіні для вільного проїзду крісла колісного рекомендується приймати не менше ніж 1,2 м (п. 6.72) [1].

З кожного навчального приміщення, де можуть знаходитися класи з інклюзивним навчанням, рекомендується передбачати другий евакуаційний вихід (завширшки не менше ніж 0,9 м) у рекреацію або коридор, з яких забезпечуються виходи назовні чи у сходові клітки (п. 6.75) [1].

Розміщення виходів із будівель та сходових кліток, максимальні розміри сходових маршів за пожежними вимогами, а також розміщення та влаштування аудиторій, актових та фізкультурно-спортивних залів повинні відповідати вимогам п. 9.3 [1].

Із актового залу повинно бути не менше двох евакуаційних виходів (п. 9.4) [1].

При влаштуванні амфітеатру в актовому залі чи лекційній аудиторії, перший та останній ряди місць та евакуаційні виходи в яких розташовані на рівнях різних поверхів, розрахунок шляхів евакуації слід проводити виходячи з необхідності евакуації 2/3 глядачів на нижній поверх та 1/3 глядачів на верхній поверх.

Допускається передбачати один евакуаційний вихід з балкону, місткість якого не перевищує 50 місць. Евакуація глядачів, що перебувають на балконі, не повинна здійснюватися через зал.

При розрахунку ширини шляхів евакуації найбільша кількість людей, що одночасно перебувають на поверсі в будівлі закладів загальної середньої освіти та шкіл-інтернатів, повинна визначатись, виходячи з місткості навчальних приміщень, приміщень для трудового навчання, а також фізкультурно-спортивного та актового залів, що знаходяться на даному поверсі (п. 9.6) [1].

Ширина дверей виходів з приміщень, в яких одночасно може перебувати більше 15 учнів, повинна бути не меншою ніж 0,9 м в світлі (п. 9.7) [1].

Відстань по коридору від дверей найбільш віддалених приміщень (крім вбиральень, умивальень, душових та інших обслуговуючих приміщень) до виходу назовні або на сходову клітку у будівлях закладів загальної середньої, професійної та вищої освіти визначається відповідно п. 9.8 [1].

Ширину коридорів на поверхах, де знаходяться навчальні приміщення, а також переходів між корпусами слід приймати не менше ніж 2,2 м. Ширина інших коридорів повинна бути не менше ніж 1,4 м. Ширина рекреаційних приміщень при однобічному розташуванні приміщень кабінетів і лабораторій повинна прийматися не менше ніж 2,8 м, ширина рекреаційних приміщень, які прилягають до кабінетів і лабораторій з двобічним розташуванням та до навчальних приміщень перших-четвертих класів закладів загальної середньої освіти та шкіл-інтернатів – не менше ніж 3,5 м (п. 9.9) [1].

Сходи типу С3 не допускається використовувати як другий евакуаційний вихід з другого і вище поверхів будівель закладів загальної середньої освіти та шкіл-інтернатів (п. 9.10) [1].

З груп приміщень, розташованих у підвальному або цокольному поверсі будівель закладів освіти та їх спальних корпусів, необхідно передбачати не менше двох евакуаційних виходів безпосередньо назовні.

Ці групи приміщень допускається з'єднувати з першим поверхом через окремі сходи типу С1 до рівня першого поверху, з влаштуванням на рівні підвального поверху протипожежного тамбур-шлюзу з підпором повітря у разі пожежі. Огороджувальні конструкції цих сходів повинні відповідати вимогам, встановленим до протипожежних перегородок 1-го типу (п. 9.11) [1].

Евакуаційні виходи, шляхи евакуації повинні мати позначення з використанням знаків безпеки (п. 9.12) [1].

В закладах освіти евакуаційні виходи не влаштовуються через розсувні та піднімально-опускні двері, обертальні двері та турнікети, що обертаються або розсуваються, за винятком розсувних дверей, які під час пожежі відчиняються вручну та функціонують як двостулкові двері (п. 9.13) [1].

Двері евакуаційних виходів з коридорів поверху, сходових кліток, актових і фізкультурно-спортивних залів, аудиторій, класів, навчальних кабінетів і лабораторій, вестибюлів (фойє, холів) та інші двері на шляхах евакуації не повинні мати затворів, що перешкоджають їх вільному відчиненню зсередини без ключа у разі пожежі (п. 9.15) [1].

Уклон і ширина маршів сходів і пандусів, висота сходинок, ширина проступів, ширина сходових площадок, висота проходів по сходах, коридорах і рекреаціях, а також розміри дверних прорізів мають забезпечувати зручність і безпеку пересування та евакуації, можливість переміщення предметів обладнання згідно з вимогами (п. 10.2) [1].

Із майстерні з обробки деревини та комбінованої майстерні з обробки металу та деревини необхідно передбачати додатковий вихід безпосередньо назовні з утепленим тамбуром або через окремий коридор, у який відсутні виходи із класів, навчальних кабінетів та лабораторій (п. 9.19) [1].

Розташування в основних будівлях закладів освіти складських приміщень для зберігання легкозаймистих та горючих рідин і матеріалів не допускається (п. 9.20) [1].

1.1.2 Дотримання протипожежних вимог у закладах дошкільної освіти

Основний нормативний документ [2].

Загальні вимоги.

Ці будівельні норми поширюються на проектування нових і реконструкцію існуючих будівель закладів дошкільної освіти різних типів (функціонуючих автономно та як структурні підрозділи інших закладів освіти), а також приміщень для груп короткотривалого перебування дітей, що входять до складу будівель іншого призначення.

Системи протипожежного захисту.

Заклади дошкільної освіти повинні бути обладнані системами пожежної сигналізації та системами оповіщення про пожежу та управління евакуюванням людей.

Шляхи евакуації та евакуаційні виходи.

Шляхами евакуації є коридори, сходові клітки та інші шляхи. Ширина коридорів, евакуаційних проходів повинна бути не менше ніж 1,4 м. Шляхи евакуації мають відповідати вимогам пожежної безпеки (п. 9.5) [2].

При розміщенні в одній будівлі структурних підрозділів закладу дошкільної освіти та підрозділів загальної середньої освіти або квартири персоналу приміщення закладу дошкільної освіти повинні мати відокремлені виходи назовні, а шляхи евакуації з приміщень іншого призначення не повинні проходити через приміщення закладу дошкільної освіти.

Внутрішні стіни та перегородки (у тому числі з світлопрозорих матеріалів), що відокремлюють шляхи евакуації, слід передбачати з негорючих матеріалів, які мають клас вогнестійкості не менше ніж REI 45 (для стін), EI 45 (для перегородок).

З кожного поверху будівель закладів дошкільної освіти, а також з кожного дитячого осередку повинно бути передбачено не менше двох розосереджених евакуаційних виходів (п. 9.6) [2].

Як другий евакуаційний вихід з другого поверху будівлі закладів дошкільної освіти II ступеня вогнестійкості допускається використовувати сходи типу С3 з уклоном не більше ніж 45 °.

Ширина маршів сходів типу С3 і дверей на їх площадки має бути розрахована на кількість осіб, які евакуюються, але не менше ніж 0,8 м, а ширина суцільних проступів їх сходинок – не менше ніж 0,2 м.

На шляхах евакуації опорядження стін і стелі, покриття підлог в сходових клітках і холах-вестибюлях повинні бути виконані з негорючих матеріалів. Для утеплення стін будівель закладів дошкільної освіти слід використовувати негорючі матеріали (п. 9.8) [2].

Внутрішнє опорядження (облицювання) стін та стелі дитячих (групових і житлових) осередків, залів для музичних та фізкультурних занять слід виконувати з матеріалів за пожежною небезпекою вищою ніж Г2, В2, Д2, Т2.

Евакуація людей із дитячого групового або житлового осередку через приміщення іншого осередку забороняється (п. 9.9) [2].

Другий (евакуаційний) вихід із приміщень групового осередку ясел, дитячих садків і ясел-садків, житлового осередку будинків дитини слід передбачати із ігрової; допускається – із спальні.

Евакуаційний вихід повинен проектуватися з відчиненням назовні, ширина дверей приймається за розрахунком, але не менше ніж 0,8 м.

Місткість приміщень, що виходять до тупикового коридора або холу, має бути розрахована не більше ніж на 80 осіб. Відстань по коридору від виходу з дитячого осередку до виходу назовні або у сходову клітку необхідно визначати за табл. 6, приймаючи щільність людського потоку при евакуації понад 5 осіб/м² (п. 9.11) [2].

При розміщенні приміщень груп у громадських будинках допускається передбачати входи із вестибюлів або загальних коридорів.

Евакуаційні виходи, шляхи евакуації повинні мати позначення з використанням знаків безпеки (п. 9.13) [2].

В закладах дошкільної освіти евакуаційні виходи не влаштовуються через розсувні та піднімально-опускні двері, обертальні двері та турнікети, що обертаються або розсуваються, за винятком розсувних дверей, які під час пожежі відчиняються вручну та функціонують як двостулкові двері (п. 9.14) [2].

Двері евакуаційних виходів з коридорів поверху, сходових кліток, залів для музичних та фізкультурних занять, вестибюлів (фойє, холів) та інші двері на шляхах евакуації не повинні мати затворів, що перешкоджають їх вільному відчиненню зсередини без ключа у разі пожежі (п. 9.15) [2].

Розміщення виробничих приміщень з категорією за вибухопожежною небезпекою вищою ніж "В" у будівлях закладів дошкільної освіти не допускається.

Відповідно до [3] у дитячих закладах з цілодобовим режимом роботи, на літніх дитячих дачах повинно бути встановлене чергування обслуговуючого персоналу в нічний час. Приміщення для розміщення чергових має бути забезпечене телефонним зв'язком. Черговий повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту органів дихання для саморяткування людей під час пожежі з розрахунку на максимальну кількість дітей та окремо для обслуговуючого персоналу, комплектом ключів від дверей евакуаційних виходів, ручним електричним ліхтарем, знати кількість дітей, які залишаються на ніч, місця їх розміщення й повідомляти ці відомості телефоном у найближчий пожежно-рятувальний підрозділ.

1.1.3 Дотримання протипожежних вимог у культурно-видовищних та дозвіллевих закладах

Основний нормативний документ [4].

Евакуація людей із будинків і приміщень.

Ширину і довжину шляхів евакуації людей із зал для глядачів та з будівель кінотеатрів, театрів, клубних закладів визначають розрахунком залежно від необхідного часу евакуації людей із зал для глядачів.

У залах для глядачів, які передбачається поділяти на частини перегородками, що трансформуються, або протипожежними завісами (екранами), повинні мати самостійні (окремі) евакуаційні виходи з кожної частини.

Необхідний час евакуації людей зі сцени (естради) приймається 1,5 хв, а кількість людей, які підлягають евакуації зі сцени (естради), визначається із розрахунку: одна людина на 2 м² площі планшета сцени (естради).

Необхідний час евакуації людей із будівлі приймається для будівель ступенів вогнестійкості, не більше:

I і II.....6 хв.;

III, IIIa, IIIб і IV.....4 хв.;

V3 хв.

У багатозальних будівлях евакуаційні виходи з кожної зали повинні забезпечувати евакуацію глядачів у встановлений час, а виходи з будівлі повинні бути розраховані на евакуацію сумарної кількості глядачів.

Час евакуації з зал для глядачів у складі торговельно-розважальних комплексів слід розраховувати з урахуванням усіх приміщень підприємств і закладів, які входять до торговельно- розважальних комплексів (п. 15.10) [4].

Ширина дверних прорізів (у світлі) у залі для глядачів повинна бути в межах від 1,2 м до 2,4 м, ширина кулуарів – не менше 2,4 м. Ширина дверного прорізу (в чистоті) для виходу з ложі допускається не менше 0,9 м. Двері виходів із зали для глядачів повинні обладнуватись пристроями для самозачинення і ущільненнями у притулах та повинні бути суцільними, без світлових прорізів або з армованим склом (п. 15.11) [4].

Кількість евакуаційних виходів із зали для глядачів, із фойє, із сцени (естради), з робочих галерей та колосникового настилу, з трюму, оркестрової ями та сейфа згорнутих декорацій слід проектувати не менше двох. Не менше двох розосереджених виходів із зальних приміщень повинні бути пристосовані для прохода маломобільних груп населення.

У кінотеатрах цілорічної дії, а також клубних закладах, в залах яких передбачається кінопоказ, шляхи евакуації не допускається проектувати через приміщення, де одночасно (постійно) можуть перебувати більше ніж 50 осіб.

Допускається влаштування одного евакуаційного виходу з амфітеатру або балкона місткістю не більше ніж 50 місць, якщо відстань від найвіддаленішої точки підлоги до цього виходу не перевищує 25 м.

У кінотеатрах сезонної дії без фойє другим евакуаційним виходом із зали допускається вважати вхід до зали для глядачів.

В залах для глядачів місткістю не більше ніж 500 місць з естрадою допускається вважати другим евакуаційним виходом прохід через зал.

Виходи із зали для глядачів слід передбачати безпосередньо (починаючи з рівня першого ряду місць для глядачів) у коридори, розподільні кулуари та інші приміщення, що ведуть до сходових кліток із виходами назовні.

Не допускається використання як єдиного шляху евакуації із зали для глядачів проходів угору по амфітеатру зали (основний шлях евакуації – вниз через партер).

Шляхи евакуації з балконів не повинні виходити до зали для глядачів.

В театрах слід передбачати евакуаційні сходові клітки типу СК1 – не менше двох сходів у комплексі для глядачів та двох колосникових сходів, що сполучаються з робочими галереями і колосниками в комплексі приміщень, що обслуговують сцену. Вони повинні мати виходи на горище і покрівлю (п. 15.12) [4].

У комплексі приміщень для глядачів допускається не більше двох евакуаційних сходових кліток типу СК2 за умови влаштування решти евакуаційних сходових кліток (не менше двох) типу СК1 (п. 15.13) [4].

При розрахунку евакуації сходи типу С2 враховуються лише від рівня підлоги вестибюля до рівня підлоги наступного верхнього поверху. На подальших поверхах з приміщень комплексу для глядачів слід влаштовувати

евакуаційні проходи, що ведуть до сходових кліток типу СК1 поза межами фойє та вестибюлів зі сходами типу С2.

Сценічна коробка повинна мати двоє зовнішніх сходів типу С3, що ведуть до покрівлі і сполучаються з робочими галереями та колосниками.

Для евакуації з робочих галерей та колосників допускається передбачати зовнішні сходи типу С3 за відсутності колосникових сходових кліток (п. 15.15) [4].

Відповідно до [3] у всіх культурно-видовищних та дозвіллевих закладах слід влаштовувати шафи для зберігання засобів індивідуального захисту органів дихання для саморятування людей під час пожежі. Кількість засобів індивідуального захисту органів дихання визначається за кількістю обслуговувального персоналу.

1.1.4 Дотримання протипожежних вимог у закладах охорони здоров'я

Основний нормативний документ [5]. Дані норми поширюються на проектування нових і реконструкцію існуючих будинків і споруд усіх типів закладів охорони здоров'я незалежно від їх відомчого підпорядкування і форм власності, а також приміщень медичного призначення, вбудованих чи таких, що входять до складу інших типів будинків.

Вимоги цих норм є обов'язковими для юридичних та фізичних осіб-суб'єктів інвестиційної діяльності на території України незалежно від їх відомчого підпорядкування і форм власності.

Вимоги до шляхів евакуації закладів охорони здоров'я повинні відповідати положенням п. 4.10 [5].

Ширина коридорів має бути не менше (п. 3.6) [5]:

а) палатних відділень – 2,4 м;

б) амбулаторно-поліклінічних закладів – 2 м;

в) амбулаторно-поліклінічних закладів в разі використання їх під чекальні для відвідувачів та односторонньому розміщенні кабінетів, в операційних блоках, реанімаційних і пологових відділеннях – 2,8 м;

г) амбулаторно-поліклінічних закладів в разі використання їх під чекальні для відвідувачів і двосторонньому розміщенні кабінетів, лікарень відновлювального лікування і ортопедичного профілю – 3,2 м;

д) коридорів складських приміщень та житлових приміщень санаторно-курортних закладів – 1,8 м;

е) коридорів інших груп приміщень санаторно-курортних закладів при загальній довжині більше 10 м – 1,5 м, при довжині менше 10 м – 1,25 м;

Ширина дверей в палатах, ізоляторах, тамбурах і шлюзах боксів, напівбоксах, допологових, пологових, процедурних, перев'язочних, операційних, наркозних, а також в ванних кімнатах, вбиральнях для хворих і клізмових в лікарнях (відділеннях) відновлювального лікування має бути не менше 1,1 м; у вбиральнях і душах при палатах – не менше 0,7 м; у кабінетах лікарів, лабораторних приміщеннях, вбиральнях для хворих палатних відділень і решті приміщень – не менше 0,9 м; у процедурних рентгенодіагностичних кабінетів, кабінетах променевої терапії і радіоізотопної діагностики, на шляхах евакуації хворих – 1,2 м; барозалах – 1,4 м (п. 3.14) [5].

Будинки лікувальних закладів на 60 і менше ліжок та амбулаторно-поліклінічні заклади на 90 відвідувань за зміну дозволяється проєктувати IV, V ступеня вогнестійкості з рубленими чи брущатими стінами (п. 4.2) [5].

Житлові кімнати, призначені для відпочинку сімей з дітьми, слід розміщувати в окремих будинках або окремих частинах будинку висотою не більше шести поверхів, які мають окрему сходову клітку (друга сходові клітка – загальна для корпусу). При цьому спальні кімнати повинні мати лоджії або балкони (п. 4.6) [5].

В дитячих оздоровчих таборах житлові приміщення слід об'єднувати в окремі групи по 40 місць, які мають самостійні евакуаційні виходи. Один з

виходів може бути поєднаний з сходовою кліткою. Житлові приміщення дитячих оздоровчих таборів в окремих будинках або окремих частинах будинків повинні бути не більше ніж на 160 місць (п. 4.7) [5].

Евакуаційне освітлення повинно бути передбачене в коридорах, по основних проходах, сходових клітках. Світлові покажчики "Вихід" слід передбачити біля входів на сходові клітки, виходів з першого поверху підвалів, які використовуються під службові приміщення (п. 7.78) [5].

Відповідно до [3] лікарні та інші заклади охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих, не здатних самотійно пересуватися, повинні забезпечуватися ношами з розрахунку: одні ноші на 5 хворих та засобами індивідуального захисту органів дихання для саморятування людей під час пожежі з розрахунку на максимальну кількість хворих (стаціонар) та окремо для обслуговувального персоналу.

1.1.5 Дотримання протипожежних вимог у підприємствах торгівлі

Основний нормативний документ [6].

Евакуація людей із будинків і приміщень.

Проектування підприємств торгівлі слід здійснювати згідно з урахуванням п. 8.1 [6].

Для розрахунку шляхів евакуації кількість покупців, що одночасно перебувають в торговельній залі, слід визначати із розрахунку на одну людину (включаючи площу, зайняту обладнанням) (п. 8.2) [6]:

– для магазинів – $3,0 \text{ м}^2$ площі торговельної зали в містах та селищах; $2,0 \text{ м}^2$ – у сільських поселеннях;

– для ринків – $1,6 \text{ м}^2$ площі торговельної зали ринкової торгівлі.

Із торговельної зали повинно бути передбачено не менше двох розосереджених евакуаційних виходів безпосередньо назовні або в сходові клітки типу СК1, які мають двері з пристроями самозачинення та ущільнення

в притулах. Допускається передбачати евакуаційні виходи на сходи типу С2 за умови виконання вимог 8.9 [6].

Під час розрахунку евакуаційних виходів допускається враховувати одну із сходових кліток, яка використовується службовим персоналом, та один із службових виходів з будинку, сполучені прямим проходом (коридором) з торговельною залюю, за умови, що відстань від найбільш віддаленої точки торговельної зали до такої сходової клітки чи виходу із будинку не перевищує зазначеної в табл. 3 цих норм, а також, що з кожного поверху є для покупців два окремих евакуаційних виходи. Влаштування евакуаційних виходів через розвантажувальні приміщення і комори (склади) не допускається (п. 8.4) [6].

У підприємствах роздрібної торгівлі торговельною площею до 150 м², які розміщуються в одноповерхових окремо розташованих будинках, вбудовано-прибудованих, прибудованих чи вбудованих об'ємах (приміщеннях) у будинки іншого призначення, допускається використовувати як другий евакуаційний вихід із торговельної зали вихід через групу неторговельних приміщень, за винятком комор і розвантажувальних приміщень.

Із неторговельних приміщень з одночасним перебуванням не більше як 50 осіб, якщо відстань від найвіддаленішої точки підлоги до виходу з цих приміщень не перевищує 25 м, допускається влаштовувати один евакуаційний вихід (п. 8.5) [6].

Ширина кожного полотна двополотних евакуаційних дверей повинна бути не менше 0,8 м (п. 8.6) [6].

Ширину основних евакуаційних проходів у торговельній залі слід приймати за розрахунком, але не менше, якщо торговельна площа:

- до 100 м² включно – 1,4 м;
- більше 100 м² до 150 м² включно – 1,6 м;
- більше 150 м² до 400 м² включно – 2,0 м;
- понад 400 м² – 2,5 м.

Площа проходів між турнікетами, кабінами контролерів-касирів (місцями реєстраторів розрахункових операцій) і проходів із зовнішнього боку від торговельної зали вздовж вузла розрахунку до площі основних евакуаційних проходів не включається (п. 8.8) [6].

У будинках I і II ступенів вогнестійкості в торговельних залах допускається розміщувати відкриті сходи типу С2 (чи пандуси) з першого до другого або з цокольного до першого поверху. Ці сходи чи пандуси допускається враховувати в розрахунку шляхів евакуації не більше ніж для половини кількості покупців, що перебувають у відповідній торговельній залі, а для евакуації решти покупців - передбачати не менше двох сходових кліток типу СК1.

У зоні неторговельних приміщень допускається передбачати внутрішні сходові клітки для технологічного зв'язку між першим і підвальним (цокольным) поверхами, які не враховуються у розрахунку евакуації. Уклон маршів таких сходів допускається приймати 1:1,5, а їх ширина має бути не менше 1,2 м (п. 8.10) [6].

Усі ліфти в будинках торговельних підприємств мають бути розраховані на роботу в режимі "Пожежна безпека".

У розрахунку шляхів евакуації ескалатори та пасажирські ліфти не враховуються (п. 8.11) [6].

У разі розміщення підприємства торгівлі в будинку іншого призначення (кооперовані будинки, торговельні центри тощо) входи до торговельної зали допускається передбачати із загального вестибюля і забезпечення нормованої кількості евакуаційних виходів із торговельної зали, не враховуючи виходів через загальний вестибюль (п. 8.12) [6].

Відповідно до [3] місткість торговельних та обідніх залів повинна відповідати вимогам норм проєктування, а в разі їх відсутності визначатися з розрахунку не менше $1,35 \text{ м}^2$ на одного відвідувача крамниці та не менше $1,4 \text{ м}^2$ на одне посадкове місце в ресторані, кафе, їдальні.

Адміністрація торговельних підприємств, ресторанів, кафе, їдальнь не повинна допускати переповнення залів відвідувачами, а на випадок виникнення пожежі приміщення мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів дихання для саморятування людей під час пожежі для обслуговувального персоналу.

1.1.6 Дотримання протипожежних вимог у готелях

Основний нормативний документ [7].

У будинках готелів не слід застосовувати незадимлювані сходові клітки типу Н2, а сходові клітки типів СК1, СК2 повинні мати двері з ущільненнями у притулах та з пристроями для само зачинення (п. 9.13) [7].

У двоповерхових будинках готелів із кількістю не більше 10 номерів як другий евакуаційний вихід із другого поверху допускається передбачати вихід на зовнішні сходи типу С3 (п. 9.15) [7].

При визначенні параметрів шляхів евакуації розрахункову кількість людей у приміщеннях необхідно збільшувати проти проєктної місткості в 1,25 рази, за винятком видовищних й інших приміщень з регламентованою кількістю місць, а також підприємств роздрібної торгівлі, де чисельність покупців слід приймати з розрахунку однієї людини на 3 м² площі торговельного залу, включаючи площу, зайняту під обладнання (п. 9.17) [7].

При розміщенні на шляхах евакуації дверей, що замикаються за умовами експлуатації, у них повинні бути передбачені запори, що відчиняються (без ключа) з боку тих, хто евакуюється (п. 9.19) [7].

У будинках готелів (секційних будинках - у кожній секції) з умовною висотою понад 26,5 м слід передбачати не менше одного ліфта, що має режим роботи "Транспортування пожежних підрозділів" (п. 9.20) [7].

Відповідно до [3] черговий персонал готелів та готельних комплексів з кількістю місць для проживання 50 осіб і більше, а також мешканці цих об'єктів мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів

дихання для саморятівання людей під час пожежі для організації евакуації людей у разі виникнення пожежі.

1.1.7 Дотримання протипожежних вимог у висотних будівлях

При проектуванні висотних будівель та шляхів евакуації необхідно керуватися [8] та [9]. Норми [8] поширюються на проектування нових і реконструкцію, капітальний ремонт та технічне переоснащення житлових будинків з умовною висотою до 73,5 м включно, та норми [9] при проектуванні та будівництві житлових будинків і громадських будівель (далі – висотних будівель) з умовною висотою понад 73,5 м в тому числі житлових будинків висотою до 100 м включно та громадських будівель висотою до 150 м включно.

Варіанти виконання шляхів евакуації з висотних будівель наведена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Варіанти виконання шляхів евакуації з висотних будівель

ВИСОТНІ БУДІВЛІ	
умовна висота від 47 м включно, до 73,5 м включно [8]	умовна висота від 73,5 м до 100 м включно - житлові умовна висота від 73,5 м до 150 м включно – громадські [9]
Евакуація з будівель за вимогами НД	
При загальній площі квартир на поверсі менше 500 м ² квартири можуть мати вихід в одну незадимлювану сходову клітку типу Н1. При цьому для усіх квартир і приміщень загального користування гуртожитків, розташованих на третьому поверсі і вище, слід	1) Кількість незадимлюваних сходових кліток приймати згідно з розрахунком. При цьому в односекційній висотній будівлі та в кожній секції багатосекційної будівлі слід передбачати не менше двох незадимлюваних сходових кліток Н1 та/або Н4.

передбачати другий евакуаційний вихід через:

а) вихід з балконів (лоджій) квартир або безпосередньо з квартир через двері на зовнішні металеві маршові сходи, які ведуть до позначки підлоги другого поверху;

б) вихід з квартири на балкон, лоджію з суцільним (без прорізів) простінком завширшки не менше 1,2 м між торцем балкона (лоджії) та прорізом, який виходить на балкон (лоджію), або не менше 1,6 м між прорізами;

в) вихід із заскленої частини балкону (лоджії) квартири через двері на площадку, що влаштовується уздовж зовнішньої стіни будинку, має глухий (без прорізів) простінок завширшки не менше 1,2 м між торцем площадки та прорізом, який виходить на площадку, або не менше 1,6 м між прорізами.

2) При загальній площі квартир на поверсі 500 м² і більше слід передбачати не менше двох незадимлюваних сходових кліток.

Якщо за проектом неможливо забезпечити необхідний (розрахунковий) час евакуації, то для порятунку МГН на шляхах евакуації слід передбачати пожежобезпечну зону, з якої вони можуть евакуюватися більш тривалий час або знаходитися в ній до прибуття рятувальних підрозділів [10].

Зазначені способи евакуації з висотних будівель на теперішній час не є досить ефективними, особливо для категорії людей маломобільних груп населення, що підтверджується науковими дослідженнями.

1.2 Аналіз науково-технічної літератури

Згідно з статистичними даними найбільша частка смертей на пожежі відбувається через вплив небезпечних чинників пожежі. Важливою складовою збереження життя людей є забезпечення правильної та вчасної евакуації з приміщень охоплених пожежею [11].

У світовій практиці для розрахунку евакуації людей при пожежі в даний час паралельно з нормативними документами використовують програмне забезпечення. Одна з таких програм Pathfinder. Pathfinder – програма для моделювання евакуації у надзвичайних ситуаціях з урахуванням можливості порятунку людей.

Проведений аналіз літературних джерел у міжнародній базі наукових статей Reseachgate показав, що переважна частина досліджень пов'язаних з евакуацією досліджують моделі поведінки людей в надзвичайних ситуаціях. Тобто використовуючи подібні дослідження відкриваються розширені можливості для створення чи вдосконалення програм, котрі моделюють евакуацію.

Невід'ємною перевагою використання програмного забезпечення є оперативність розрахунків, можливість в будь-який момент змінювати параметри розрахунку і одразу отримувати результат.

У [12] оцінка часу евакуації є нетривіальною проблемою через взаємодію між тисячами окремих агентів, що породжує різні колективні явища, такі як утворення вузьких місць, переривчастий потік та хвилі зупинки й руху. Пропонується підхід для визначення взаємозв'язків між просторовими атрибутами мережі доріг, кількістю евакуйованих та отриманою оцінкою часу евакуації. Тому актуальним є застосування

програмного забезпечення оделювання процесів евакуації.

У [13] представлені дослідницькі завдання щодо моделювання динаміки натовпу з метою евакуації. У статті подано поточні досягнення та дослідницькі проблеми таких систем. Тому в роботі пропонується застосування ПК Pathfinder.

У [14] розпізнавання поведінки людини й моніторинг реального середовища є складними дослідницькими завданнями, що швидко набирають обертів в останні роки. Методи аналізу часових рядів використовувалися у минулому для вирішення подібних завдань, проте в багатьох складних випадках вони не спрацьовують, оскільки деякі види поведінки набагато складніше моделювати. Це відбувається, зокрема, у разі нестачі вихідних даних. Дана проблема може бути вирішена шляхом застосування програмних комплексів.

У [15] вказано, що оскільки наслідки евакуації при пожежі у будівлях залишаються негативними, деякі експерти й вчені запропонували об'єднати технологію інформаційного моделювання будівель з технологією географічної інформаційної системи для побудови тривимірної просторової сцени евакуації при пожежі у будівлі. Pathfinder використовує тривимірну трикутну сітку для представлення геометрії моделі. У результаті Pathfinder може точно відображати геометричні деталі та криві.

У [16] розглянуті дві різні області моделювання пожежного ризику у будинках: моделювання розвитку пожежі та динаміка руху людей під час екстреної евакуації. Щодо моделювання розвитку пожежі, існує три різні підходи: двозональні моделі пожежі; комп'ютерна динаміка потоків (CFD) та стохастичні моделі. В нашій роботі пропонується використання ПК Pathfinder.

У [17] зазначено аналіз поведінки людини при пожежі в будівлях з використанням комп'ютерного моделювання евакуації. Поведінка людини в критичних ситуаціях лежить в основі всіх побоювань щодо пожежної безпеки будівель, незалежно від їх призначення. В ПК Pathfinder за замовчуванням

кожен мешканець (агент) використовує комбінацію параметрів, щоб вибрати свій поточний шлях до виходу. Параметри включають: час стояння в черзі для кожних дверей поточної кімнати, час на дорогу до кожних дверей поточної кімнати, розрахунковий час від кожних дверей до виходу та відстань, яку вже пройдено в кімнаті. Агент динамічно реагує на зміну черги, відкриття/закриття дверей і зміни обмежень швидкості кімнати (імітація диму та сміття). Користувач може змінити ваги параметрів за замовчуванням, щоб змінити поведінку. Наприклад, мешканці можуть нехтувати чергами й шукати лише найближчий вихід. Крім того, мешканцям можна призначити конкретні цілі (наприклад, піти до місця та почекати) або конкретні виходи.

У [18] досліджується підхід CPSS до аварійної евакуації при пожежах у будівлях. Встановлено [19], що при евакуації досить часто на сходових клітинах утворюються потоки великої щільності (7–8 осіб/м²), які призводять до виникнення скупчень (заторів), що, в свою чергу, призводить до збільшення часу виходу із будинку. Застосування наявної техніки, яка при максимальних характеристиках досягає лише 10-го поверху, має ряд недоліків: обмеженість маневреності при розгортанні й зміні положення, обмеженість кількості людей, що рухаються нею, тривалий час розгортання (встановлення – до 120 с, підйом та висунення колін – до 100 с), залежність від сторонніх чинників (швидкість вітру, обмеженість під'їзду та розмірів майданчику для розгортання, його покриття та кут ухилу до 6° тощо) [20, 21].

Виконана оцінка динаміки розвитку пожежі висотної будівлі шляхом визначення часу надходження небезпечних чинників пожежі у відсіку висотної будівлі шляхом використання програмного комплексу FDS (Fire dynamics Simulator) [22], за допомогою прикладного програмного забезпечення PYROSIM [23, 24], Pathfinder [25, 26]. Pathfinder дає візуалізоване тривимірне зображення процесу евакуації з можливим з'ясуванням причин затримки під час евакуації. Для продуктів горіння характерні свої особливості розповсюдження [27].

Розглянута можливість використання додаткового шляху евакуації людей при пожежі з висотних будівель за допомогою обладнання даних об'єктів рятувальними вежами, які зводяться сумісно з будівлею, відгороджуються від загального об'єму протипожежними перешкодами [28, 29].

Авторами [30] встановлено, що ефективність використання сходів, ліфтів, а також альтернативних засобів евакуації залежить від призначення будівлі (офісні будівлі, житлові будинки, заклади охорони здоров'я тощо) та задіяного населення. Для проведення ефективної евакуації наголошено на використанні більше однієї моделі.

В [31] встановлено, що двома найважливішими факторами, які впливають на час евакуації, є оптимальне розташування сходів у будівлі та поверхи, на яких починається пожежа. Коли пожежа починається на нижніх рівнях будівлі, час евакуації з верхніх поверхів є найбільшим.

Дослідником [32] запропонована система безпеки висотних будівель, в якій кожен поверх висотної будівлі розділяється на протипожежні ділянки протипожежними перегородками з протипожежними дверима та розміщенням усередині кожної протипожежної ділянки розрахункової кількості індивідуальних тросових технічних засобів рятування.

Розгляд вище розглянутих джерел, дозволив сформулювати низку причин, що перешкоджають ефективній евакуації людей:

- 1) утворення скупчень людей на вході в сходову клітку через її обмежену пропускну здатність і неможливість забезпечити безперервний рух людей через високу щільність потоку;
- 2) неможливість використання пожежобезпечних місць та висотної техніки;
- 3) складність евакуації людей із фізичними обмеженнями категорії маломобільних груп населення, зокрема осіб похилого віку.

Всі підходи, які розглядаються в публікаціях, мають за мету скорочення часу проведення евакуації мешканців при пожежі. Проте, кожен з наведених підходів має окремі переваги та недоліки.

Останнім часом більшає випадків непрофесійного розрахунку часу евакуації, некомпетентними організаціями, у зв'язку з чим і збільшуються шанси на отримання травм чи загрози життю людей. Адже при фаховому розрахунку часу евакуації людей формується відповідний план дій, сюди входить повний комплекс безпеки: пожежна сигналізація, протипожежні заходи, гучномовці, а також розрахунковий час евакуації людей з приміщень.

Неприпустимо зменшувати час евакуації, щоб уникнути витрат на допоміжні протипожежні заходи і засоби, додаткові евакуаційні виходи, двері. Вина в цьому не оминає і власника таких торгових центрів, директорів підприємств, шкіл, дитсадків, які можливо взагалі не здійснювали такий розрахунок чи за дешево замовив у фірми не професіонала.

Таким чином, виконання вимог нормативних документів щодо забезпечення безпечної евакуації населення з приміщень під час виникнення надзвичайної ситуації допоможе знизити кількість або зовсім уникнути жертв, які можуть бути наслідком пожежі.

Одним з основних факторів забезпечення збереження життя людей є правильно виконаний розрахунок евакуації людей з приміщень. Оскільки, згідно з аналізом статистичних даних про пожежі, основну частину загиблих під час пожежі становлять люди, котрі отруїлися токсичними продуктами горіння. Тому важливо провести евакуацію до настання граничних станів пожежі.

Отже, як актуальне науково-технічне завдання розглядається удосконалення методик розрахунків за допомогою програмного забезпечення Pathfinder, моделювання поведінки людей в різних можливих ситуаціях при пожежі, моделювання застосування ЗІЗОД при евакуації. Це допоможе знизити кількість або зовсім уникнути жертв, які можуть бути внаслідок пожежі.

2 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ, ЯКІ НЕОБХІДНО ОСНАЩУВАТИ ЗІСОД ДЛЯ САМОРЯТУВАННЯ

2.1 Дослідження часу евакуації людей з дитячих закладів з цілодобовим режимом роботи, літніх дитячих дач

Проведемо розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder на прикладі дошкільного навчального закладу № 582 для дітей з порушенням слуху по вул. Флоренції, 3 м. Києва.

Даний заклад створений та координується Українським товариством глухих (УТОГ). Метою створення УТОГ є організаційне об'єднання осіб з порушеннями слуху та надання їм допомоги в професійній, трудовій і соціальній реабілітації, захисті їх законних прав і інтересів та утвердженні статусу громадян, всебічно інтегрованих у суспільство. До складу УТОГ входять 22 обласні, а також 63 територіальні організації УТОГ, що загалом обліковують 38641 особу з порушеннями слуху, з яких 34838 особи віком від 14 років є членами УТОГ. Для професійного навчання та працевлаштування осіб з порушеннями слуху в системі УТОГ діють 31 виробничі підприємства.

Незважаючи на той факт, що приміщення дошкільного закладу обладнанні системою керування евакуацією IV—V типу, все ж багато часу йде на реакцію людей на оповіщення про пожежу. Особи, які перебувають у будівлі, можуть на час виникнення пожежі знаходитися в стані сну, значення тривалості від початку евакуації становить – 240 с [2].

При організації процесу евакуації важливо розглядати рішення, спрямовані не тільки на покращення часу евакуації, але й на зниження щільності людських потоків. Це дасть можливість мінімізувати ризики травматизму людей і утворення перешкод у процесі руху.

В якості найбільш ефективного рішення варто розглядати поетапну евакуацію. Схема організації поетапної евакуації заснована на поділі людей, що евакуюються, і запобігання їх перетину.

Для можливості проведення розрахунків та моделювання евакуації з прийнятого дошкільного закладу слід визначити наступні вихідні дані які приймаються за наданою інформацією (інвентаризаційна справа №534568) та вимог нормативних документів:

- ступінь вогнестійкості – I-II [33];
- режим роботи – цілодобовий;
- кількість поверхів – 2 [34];
- груповий осередок – 8 (2 групи на 1 поверсі та 6 на 2 поверсі) [34];
- висота поверху – 3,3 м [10];
- загальна кількість людей в будинку - 96 дітей та 18 дорослих;
- кількість сходових кліток СК1 – 3, сходовий марш – 1,35 м [35];
- ширина дверей сходових кліток – 1,35 м [35];
- ширина проходів та коридорів – 1,4 м [10];
- ширина вхідних дверей дитячих осередків – 0,9 м [10];
- кількість сходів типу С3 – 6 [34];
- ширина маршів сходів типу С3 і дверей на їх площадки – 0,9 м [10];
- час початку евакуації – 240 с [2];
- інтенсивність і швидкість руху людського потоку різними ділянками шляхів евакуації в залежності від щільності для групи мобільності (табл. 2.1) [36].

Таблиця 2.1 – Інтенсивність і швидкість руху людського потоку

Група МГН	Горизонтальний шлях		Сходи вниз	
	Швидкість, м/хв	Інтенсивність, м/хв	Швидкість, м/хв	Інтенсивність, м/хв
М1	100	1,0	100	1,0

- площа горизонтальної проекції людей з обмеженою мобільністю, м²/ос див. рис. 2.1 [36].


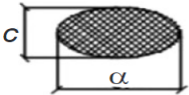
Здорові люди з вадами слуху з обмеженою розумовою діяльністю


$\alpha = 0,28$
$c = 0,46$
$f = 0,10$

Рисунок 2.1 – Площа горизонтальної проекції людей з вадами слуху

Для розрахунку приймаємо два можливих сценарії евакуації дітей при умовній пожежі.

1. Заклад обладнаний типовою системою оповіщення СО4 (світловий, звуковий, мовленевий тип оповіщення). Пожежа виникає вночі, коли діти знаходяться в стані сну та позбавлені можливості самостійно отримувати інформацію про пожежу. Вихователі які перебувають в нічний час знаходяться в сусідньому приміщенні, після отримання сигналу про пожежу від системи пожежної сигналізації (далі по тексті СПС), починають пробуджувати кожного із дітей та супроводжувати їх до евакуаційних виходів. В кожній групі знаходиться по 12 дітей.

2. Заклад обладнаний вдосконаленою системою оповіщення СО4 (світловий, звуковий, мовленевий, додатково вібраційний тип оповіщення, мерехтливі світлові доріжки). Пожежа виникає вночі коли діти знаходяться в стані сну, діти самостійно пробуджуються від вібрації пристроїв розміщених під подушками та індивідуальних браслетів які отримали сигнал від СПС,

починають самостійно евакуюватися слідуючи за напрямком мерехтливих доріжок та світильників. Вихователі, які перебувають в нічний час знаходяться в сусідньому приміщенні, після отримання сигналу про пожежу від СПС слідують до дітей та супроводжувати їх до евакуаційних виходів. В кожній групі знаходиться по 12 дітей.

Для проведення розрахунку в програмному комплексі Pathfinder необхідно побудувати шляхи евакуації для цього використовуємо підкладку з dwg файлу з кресленнями об'єкту.

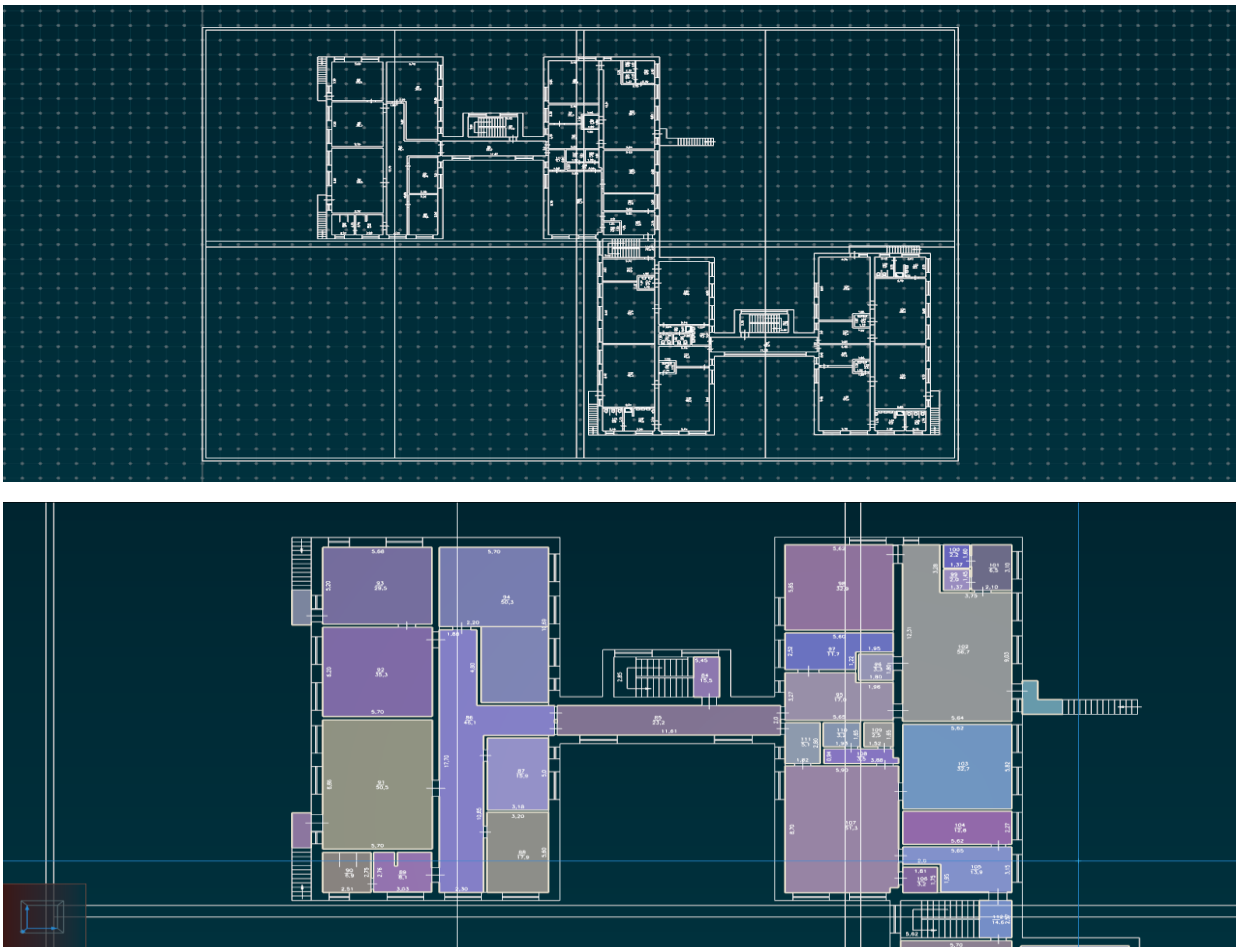


Рисунок 2.2 – План першого поверху на відмітці 0,000 м

Будуємо на кресленнях кімнати за допомогою інструмента «Add a Rectangular Room».

Перший сценарій.

Діти знаходяться в стадії сну, один вихователь на дві групи на кожному поверсі.

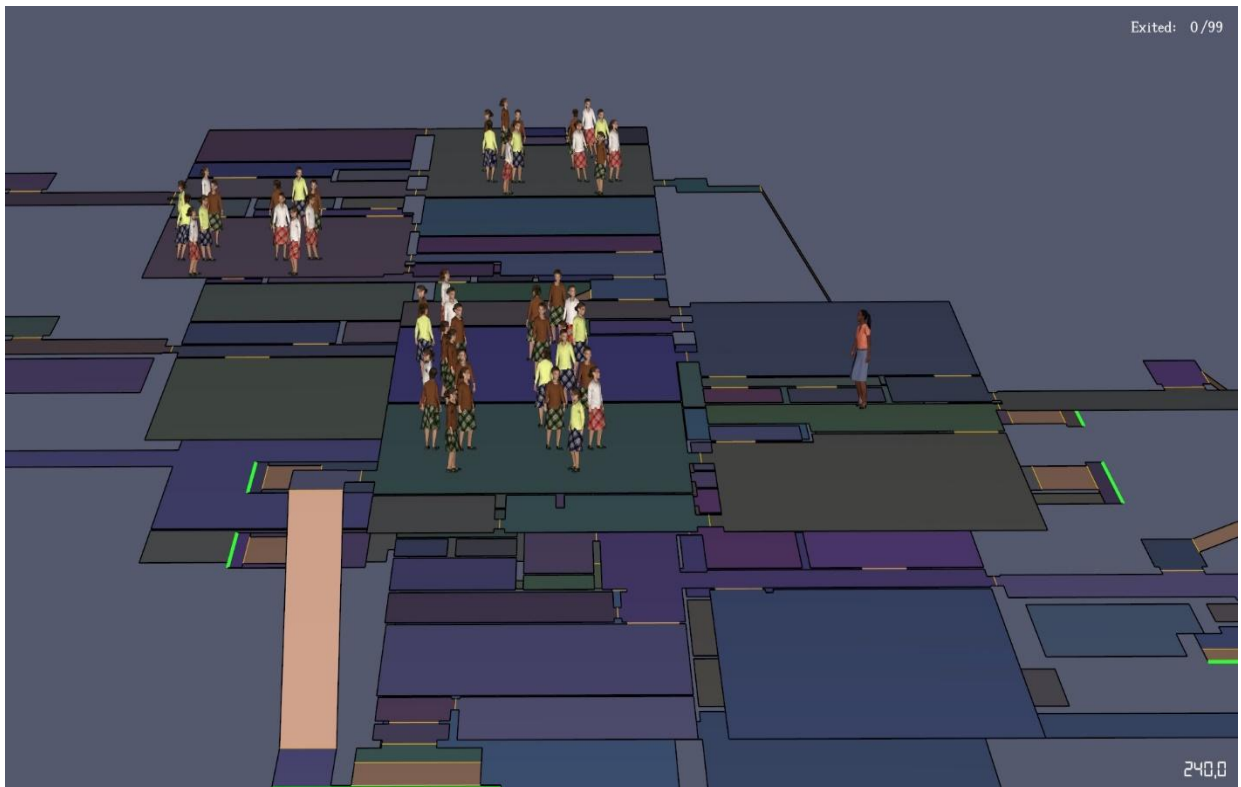


Рисунок 2.3 – Розміщення агентів на початок евакуації

Відбувається спрацювання СПС та СО, вихователі отримують сигнал про необхідність проведення евакуації. Час реагування та початку прямування для можливості пробудження дітей становить – 240 с відповідно до [37].



Рисунок 2.4 – Початок прямування вихователів до дітей

Вихователі прибули до груп, проводиться їх пробудження. Орієнтований час на кожну дитину складає 15 с. Загальний час, витрачений на пробудження – 180 с.



Рисунок 2.5 – Пробудження дітей

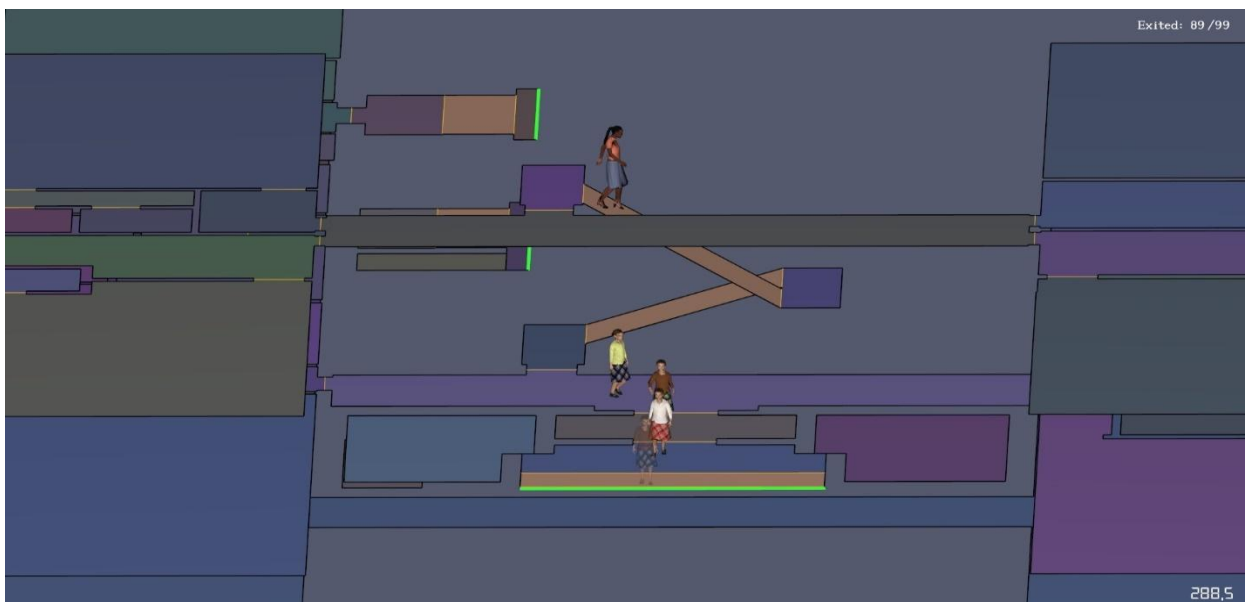


Рисунок 2.6 – Початок евакуації дітей



Рисунок 2.7 – Закінчення процесу евакуації

Загальний час евакуації за першим сценарієм становить на 408 с.

Другий сценарій.

Діти як і за першим сценарієм знаходяться в стадії сну, один вихователь на дві групи на кожному поверсі.

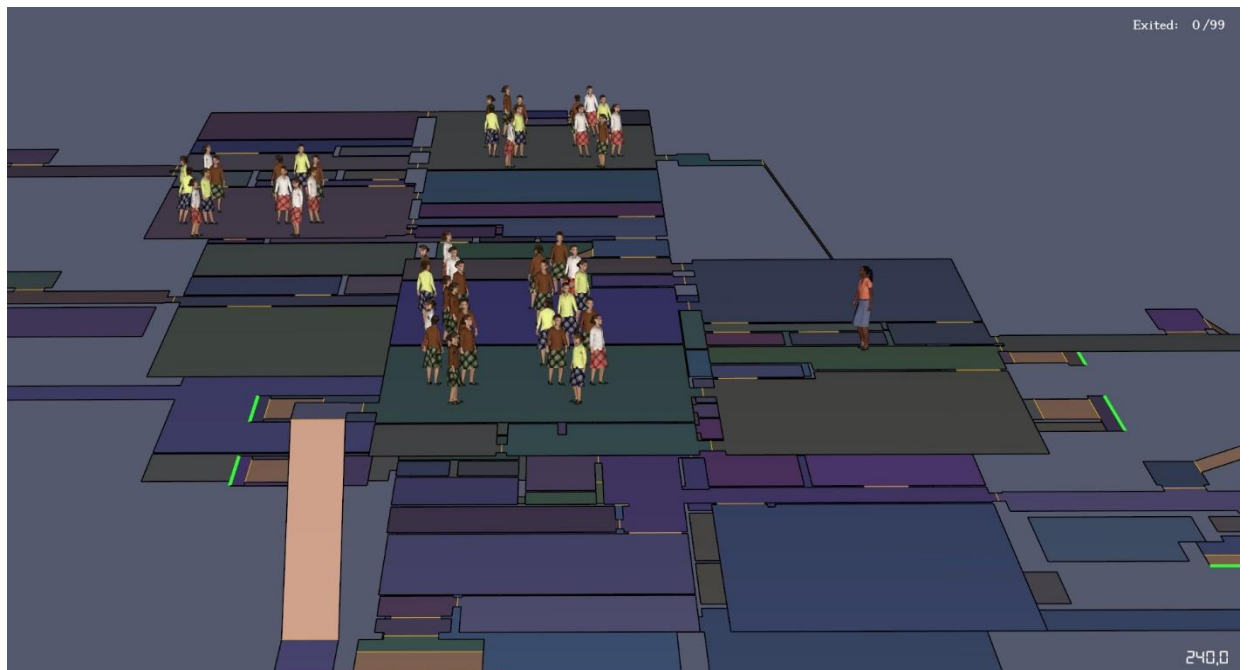


Рисунок 2.8 – Розміщення агентів на початок евакуації

Відбувається спрацювання вібраційних пристроїв розміщених під подушками, індивідуальних браслетів дітей від сигналів СПС, діти

починають самостійно пробуджуватися. Час пробудження та початку евакуації дітей із становить – 240 с відповідно до [37].



Рисунок 2.9 – Початок самостійного прямування дітей до евакуаційних виходів, прямування вихователів до груп та подальша евакуація

Вихователями які прибули до груп, проводиться огляд приміщень та подальше супроводження дітей до евакуаційних виходів.



Рисунок 2.10 – Огляд приміщень вихователями та подальше супроводження дітей до евакуаційних виходів



Рисунок 2.11 – Закінчення процесу евакуації

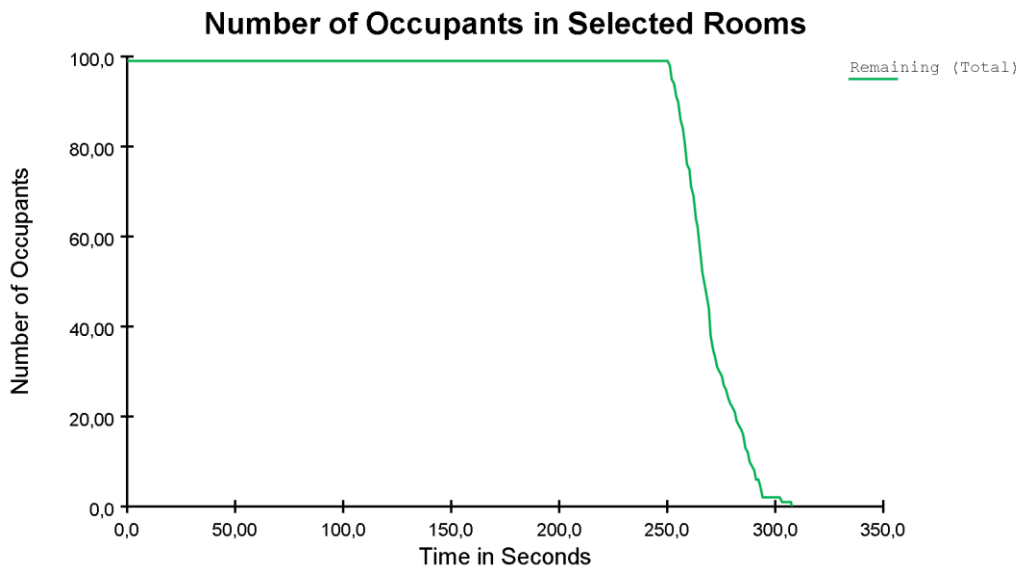


Рисунок 2.11 – Кількість людей, що вийшла з будівлі в певний момент часу

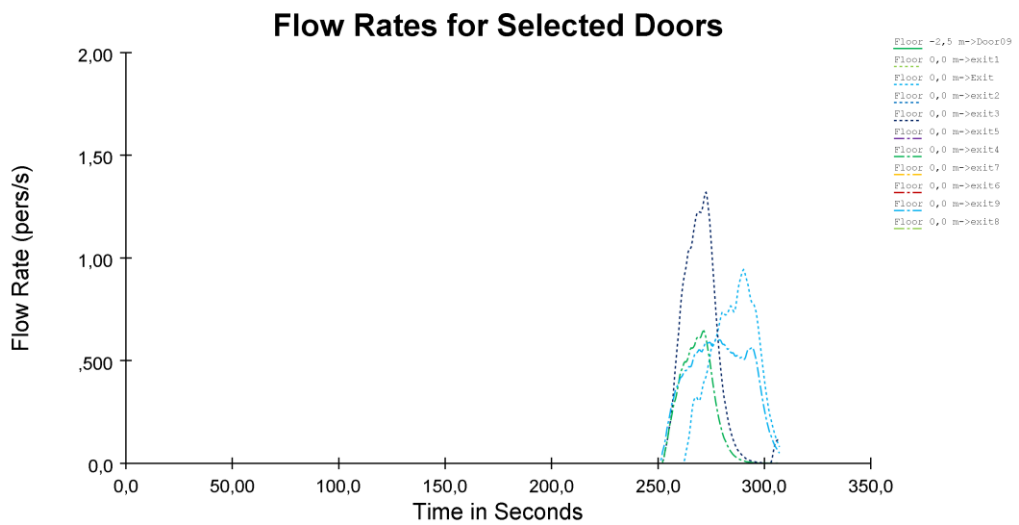


Рисунок 2.12 – Кількість людей, що вийшла через евакуаційні виходи

Загальний час евакуації за другим сценарієм становить на 120 с менше від часу за першим сценарієм.

Висновки за розділом 2.1

Проведено розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder на прикладі дошкільного навчального закладу № 582 для дітей з порушенням слуху.

Загалом за результатами можливих сценаріїв, перевага вдосконаленої СО полягає:

- в більш швидкій евакуації дітей за рахунок зменшення часу витраченого на прямування та пробудження вихователями дітей, які за гіршим варіантом перебувають у стадії сну;
- отримання дітьми сигналів про пожежу;
- виключення поняття «людського» фактору.

Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації.

2.2 Дослідження часу евакуації людей з культурно-видовищних та дозвіллевих закладів

Пожежна небезпека приміщень будинку культури обумовлена зосередженням в них великої кількості різноманітних горючих речовин та матеріалів, можливістю використання під час проведення вистав різноманітних спецефектів із застосуванням відкритого полум'я, а також високотемпературних поверхонь (лампи освітлення, електротеплоагрівачі, газорозрядні пристрої і т.і.). Також треба урахувати, що будівля пристосована для одночасної присутності великої кількості людей (обслуговуючий персонал, актори та артисти, глядачі і т.і), тобто одним із

пожежонебезпечних чинників для об'єктів цього виду постає людський фактор.

Проведемо розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder на прикладі будинку культури з залом на 600 місць.

Конфігурація в плані – в основі лежить прямокутник з деякими виступаючими частинами. Розміри в плані 79,1×33,0 м. Головний вхід розташований в торці будівлі, що виходить на центральну площу міста. По периметру (бокових сторонах) знаходяться входи в глядацькі зали (клубна частина), службові входи, а також місце для розвантаження декорацій.

Сценічна частина будинку культури має велику кількість горючих матеріалів у вигляді дерев'яних конструкцій планшету, трюму, робочих майданчиків колосників та покриття сцени, горючої декорації та ін. Кількість спалимих матеріалів на сценічній частині у середньому сягає 200-350 кг/м².

Велику небезпеку в залах під час пожежі являють собою яруси та балкони, які виконані з горючих матеріалів із порожнинами.

Не менша небезпека полягає в приміщенні роздягальні (гардероб). Хоча ця небезпека існує лише в періоди, коли погодні умови не дозволяють пересуватись вулицями без верхнього одягу. Суть небезпеки полягає у великій кількості одягу, що знаходиться на значно малій площі.

Склади м'яких декорацій, реквізитів, костюмів також представляють велику небезпеку при виникненні пожежі. Вони характеризуються наявністю великої кількості горючих речовин, такі як деревина, папір, різноманітні тканини природного та синтетичного виробництва.

Наявність великої кількості людей в приміщеннях, зокрема, у глядацькому залі, паніка є основним фактором, що перешкоджає вільній евакуації людей. Як приклад можна привести те, що після закінчення спектаклю всі глядачі одночасно підводяться зі своїх місць і йдуть до виходу. В результаті такого одночасного і направленого руху, та внаслідок обмеженої пропускної спроможності евакуаційних шляхів та виходів виникають потоки

з великою щільністю, спостерігаються великі фізичні зусилля з боку людей, що евакуюються, це значно зменшує швидкість руху. Унаслідок цього виникає досить складна ситуація і чим швидше люди бажають покинути приміщення, тим більше часу вони витрачають на це.

Для проведення розрахунку евакуації в програмному комплексі PATHFINDER необхідно визначити вихідні дані:

- ступінь вогнестійкості – II;
- режим роботи – до 23 години;
- кількість поверхів – 2 ;
- висота поверху – 3 м ;
- найбільша висота в будівлі – 18 м
- загальна кількість людей – 600 осіб;
- ширина проходів та коридорів – 2,4 м;
- ширина вхідних дверей – 0,9 м
- час початку евакуації – 180 с ;
- інтенсивність і швидкість руху людського потоку різними ділянками шляхів евакуації в залежності від щільності для групи мобільності;
- площа горизонтальної проекції людей, $\text{м}^2/\text{ос}$ (табл.2.2):

Таблиця 2.2 – Площа горизонтальної проекції людей в культурно-видовищних та дозвіллевих закладах

Тип одягу	Ширина <i>a</i> , м	Товщина <i>c</i> , м	Площа горизонтальної проекції, $\text{м}^2/\text{ос}$.
літній(в приміщенні)	0,46	0,28	0,100
весняно-осінній	0,48	0,30	0,113
зимовий	0,50	0,32	0,125

Для проведення евакуації з будинку культури на 600 місць будуюмо модель будівлі.

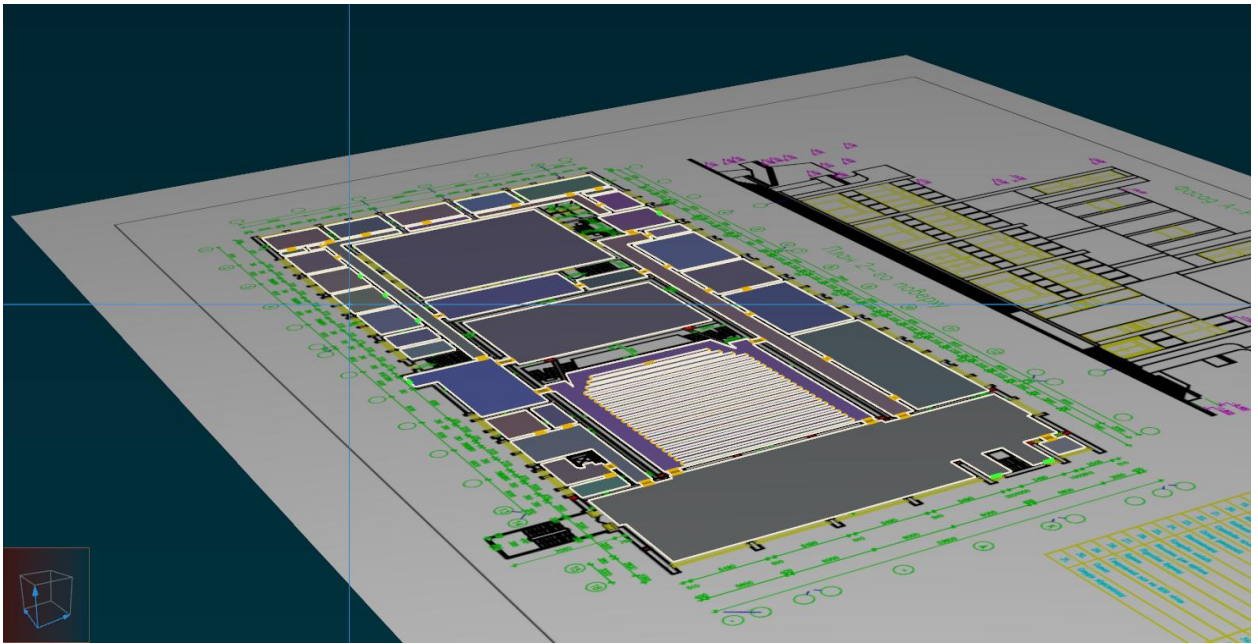


Рисунок 2.13 – Модель будинку культури на 600 місць смт. Маньківка

Моделюємо агентів в будинку культури, відповідно до плану в глядацькій залі та інших приміщеннях знаходяться 600 осіб. Відповідно до [37] приймаємо розрахункові значення параметрів руху людських потоків для імітаційно-стохастичної моделі руху людських потоків.

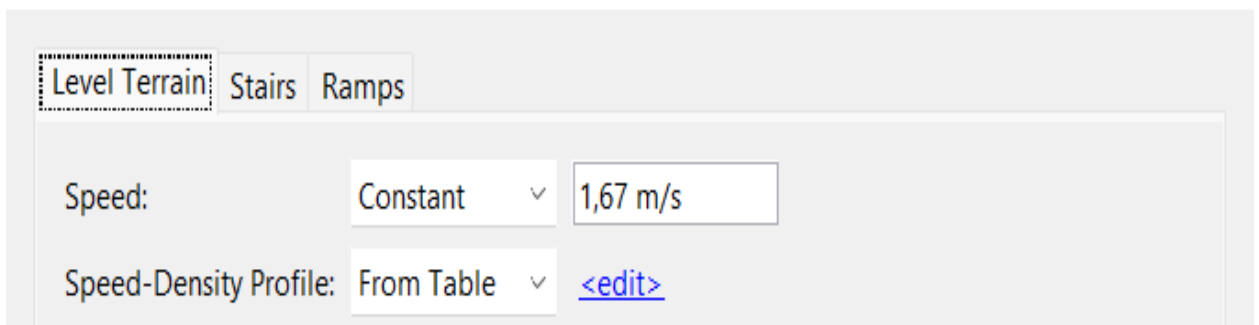


Рисунок 2.14 – Швидкість руху осіб групи мобільності M1

Для проведення розрахунку визначаємо місце виникнення пожежі. В даному сценарії це сцена будинку культури. Місце виникнення пожежі становить найбільшу небезпеки для людей.

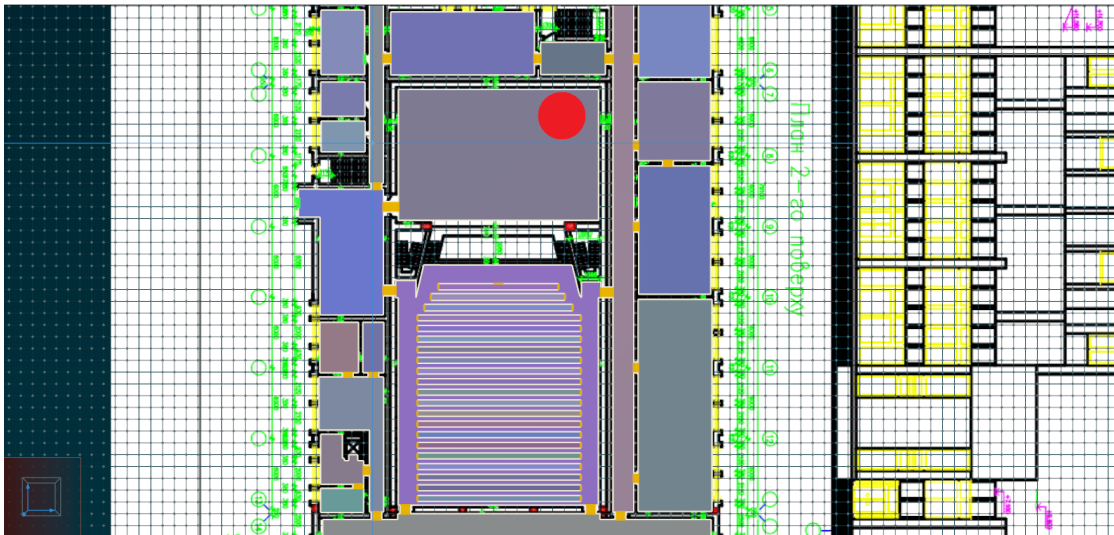


Рисунок 2.15 – Місце виникнення пожежі – позначене червоним колом

При розрахунку евакуації враховуємо, що заклад обладнано системою оповіщення типу СОЗ. Час початку евакуації становить 180 с.

Окрім того, необхідно врахувати значення часу початку евакуації $t_{пе}$ (с) для приміщення осередку пожежі. Значення визначають за формулою:

$$t_{пе} = 5 + 0,01 * F \quad (2.1)$$

де F — площа приміщення, m^2 .

Для приміщення з осередком пожежі час евакуації становить 8,58 с.

При проведенні розрахунку були визначені скупчення агентів в місцях дверних прорізів. Щільність в цих точках становила $6 \text{ чол}/m^2$.

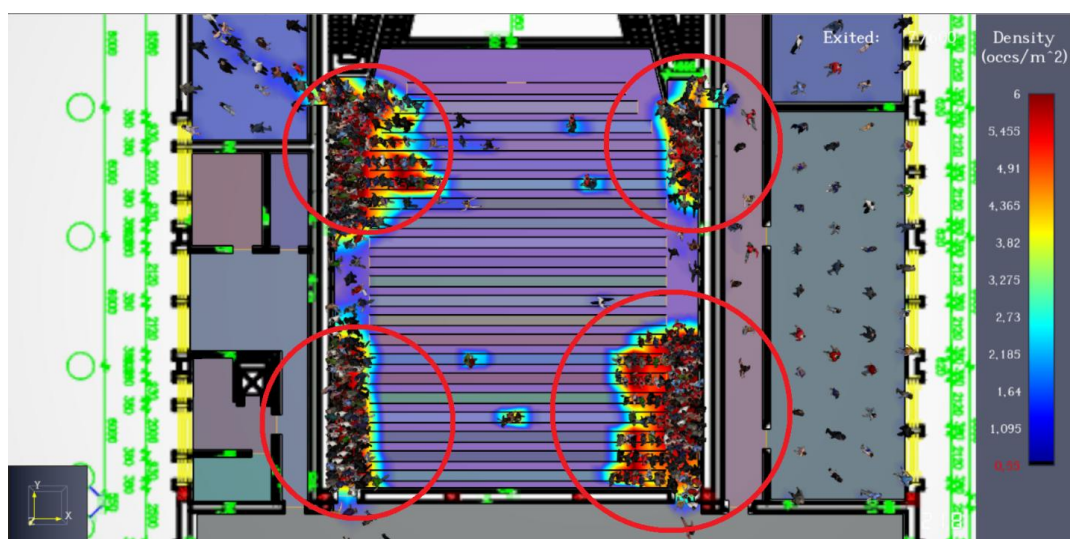


Рисунок 2.16 – Місця скупчення агентів позначені червоними колами



Рисунок 2.17 – Процес евакуації з будинку культури

Після проведення розрахунку отримуємо фактичний час евакуації. Фактичний час евакуації склав 237,3 с.

Sim Time (s):	<input type="text" value="237,3"/>	Run Time (s):	<input type="text" value="8,4"/>
Occs Rem:	<input type="text" value="0"/>	Occs Total:	<input type="text" value="600"/>
DTG Max (m):	<input type="text" value="0,0"/>	DTG Avg (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Рисунок 2.18 – Фактичний час евакуації

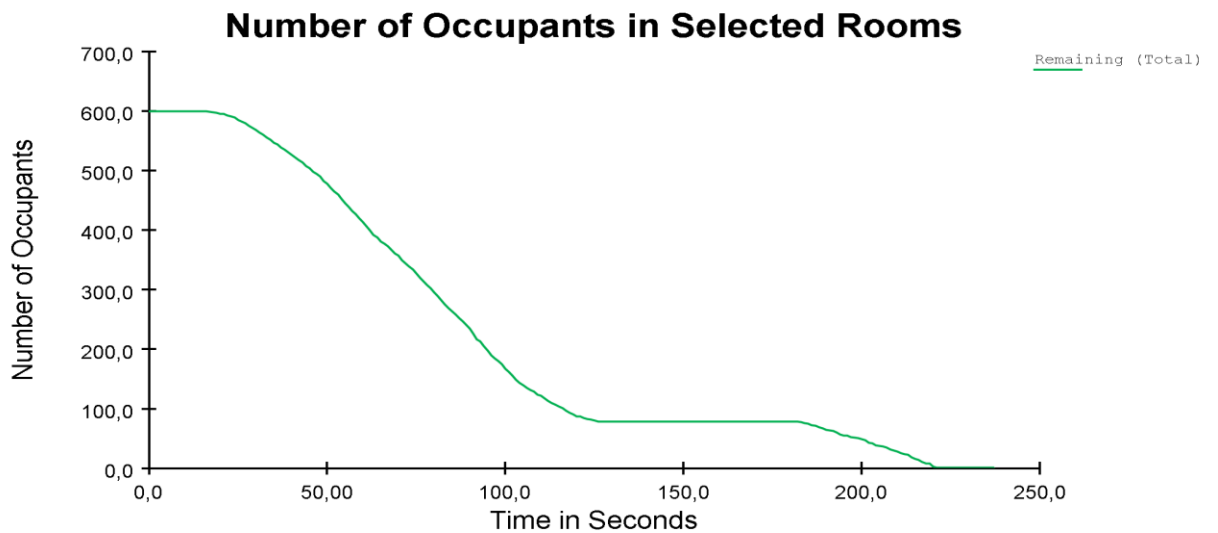


Рисунок 2.19 – Кількість людей, що вийшла з будівлі в певний момент часу

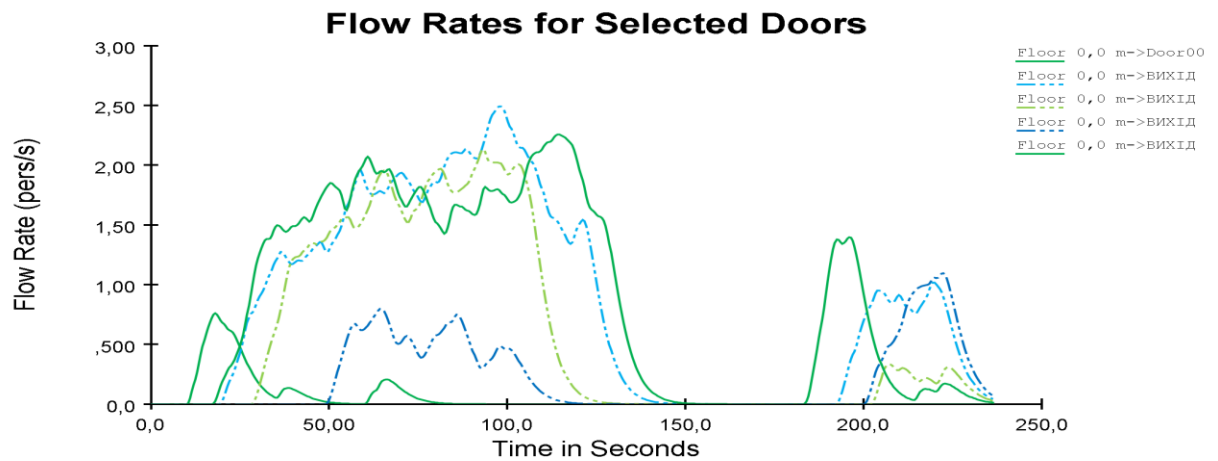


Рисунок 2.20 – Кількість людей, що вийшла через евакуаційний вихід

Висновки за розділом 2.2

Проведено розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder в будинку культури на 600 місць. Фактичний час евакуації склав 237,3 с. Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації з культурно-видовищних та дозвіллевих закладів.

2.3 Дослідження часу евакуації людей з лікарень та інших закладів охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих

Проведемо розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder на прикладі дитячого санаторію.

Пожежна небезпека санаторію характеризується наявністю трьох факторів: горюче середовище, джерела запалювання та шляхи розповсюдження пожежі.

В приміщеннях санаторію можуть горіти тверді горючі матеріали та речовини, а саме:

- сучасні офісні меблі (шафи, столи, стільці, м'які куточки), комп'ютери, телефони в адміністративних приміщеннях;
- шафи для одягу, одяг, ліжка, тумби, столи, стільці, холодильники

в палатних номерах; в інших приміщеннях, горюче оздоблення приміщень, килимові покриття, ізоляція електропроводок, побутова техніка, а також папери, постільні речі, облікова документація санаторію, папір та різні речі з деревини та полімерних матеріалів. Горіти також можуть рідини у вигляді масел, що обертаються в кухонних приміщеннях.

Одночасно з виділенням отруйних та удушливих речовин горіння супроводжується виділенням великої кількості диму. Так, при розкладі пінополіуретану, з якого виготовляють м'які меблі і матраци, кількість виділеного диму може складати до 26 % їх маси. Така кількість диму призводить до втрати орієнтації людини в приміщенні через декілька хвилин.

Для проведення розрахунку евакуації в програмі PATHFINDER необхідно визначити вихідні дані.

- ступінь вогнестійкості – II;
- режим роботи – цілодобовий;
- кількість поверхів – 2;
- висота поверху – 3 м;
- загальна кількість людей в реабілітаційному відділенні – 60 осіб пацієнтів та 9 осіб персоналу;
- кількість сходових кліток СК1 – 3, сходовий марш – 1,2 м [38];
- ширина дверей сходових кліток – 1,2 м [38];
- ширина проходів та коридорів – 2,4 м [38];
- ширина вхідних дверей – 0,9 м [38];
- ширина маршів сходів типу С3 і дверей на їх площадки – 0,9 м;
- час початку евакуації – 240 с [38];
- інтенсивність і швидкість руху людського потоку різними ділянками шляхів евакуації в залежності від щільності для групи мобільності
- площа горизонтальної проекції людей, м²/ос див. табл. 2.3 [37].

Таблиця 2.3 – Площа горизонтальної проєкції людей в закладах охорони здоров'я

Тип одягу	Ширина a , м	Товщина c , м	Площа горизонтальної проєкції, $\text{м}^2/\text{ос.}$
літній(в приміщенні)	0,46	0,28	0,100
весняно-осінній	0,48	0,30	0,113
зимовий	0,50	0,32	0,125

Побудовано модель реабілітаційного відділення дитячого спеціалізованого санаторію.

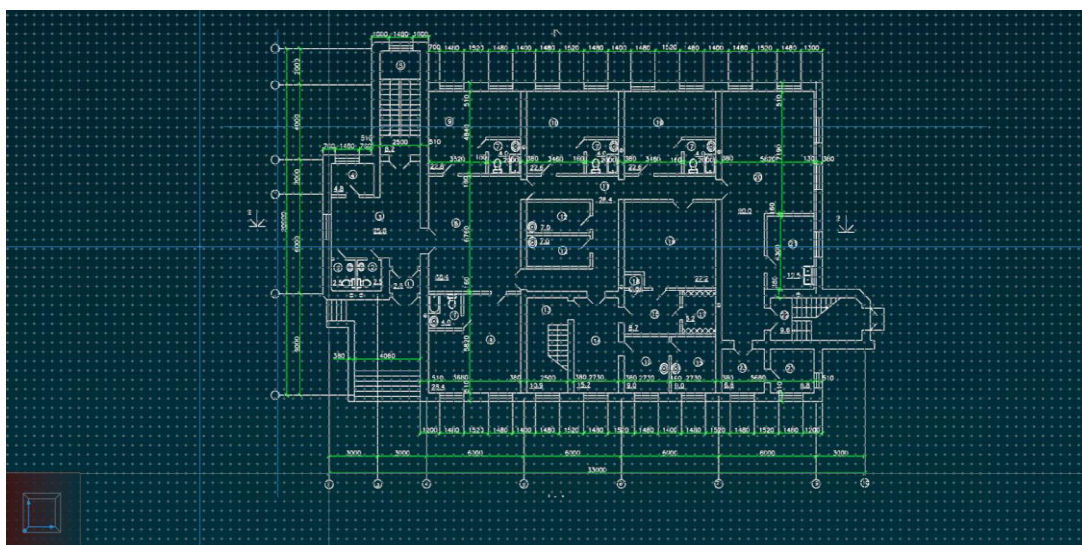


Рисунок 2.21 – План першого поверху дитячого спеціалізованого санаторію на відмітці 0.000 м

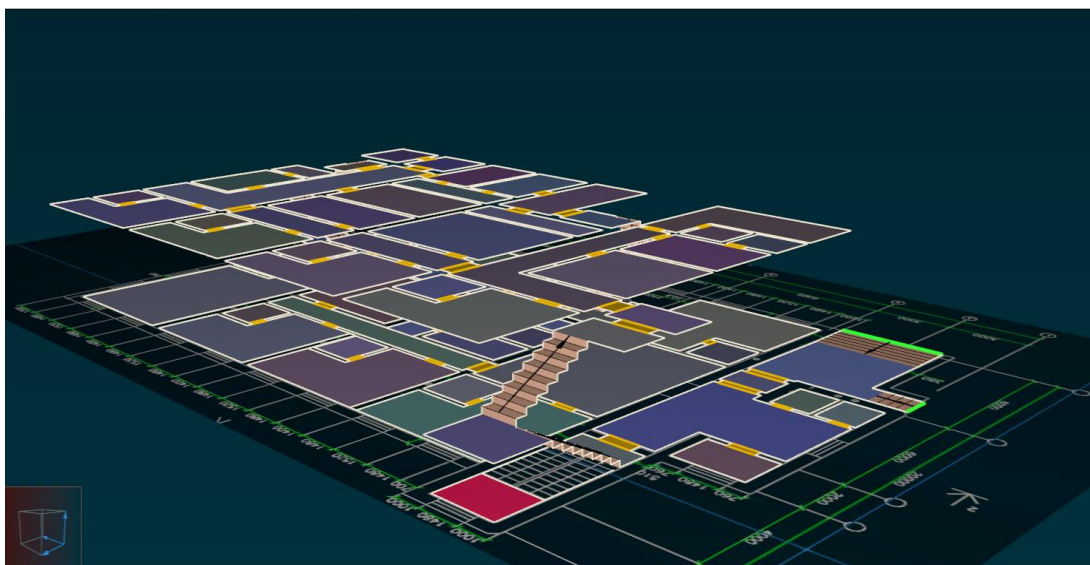


Рисунок 2.22 – Шляхи евакуації дитячого спеціалізованого санаторію

Моделюємо агентів на поверххах. Відповідно до табл. 2.3 [37] приймаємо розрахункові значення параметрів руху людських потоків для імітаційно-стохастичної моделі руху людських потоків для осіб працездатного віку в стаціонарах лікарень.

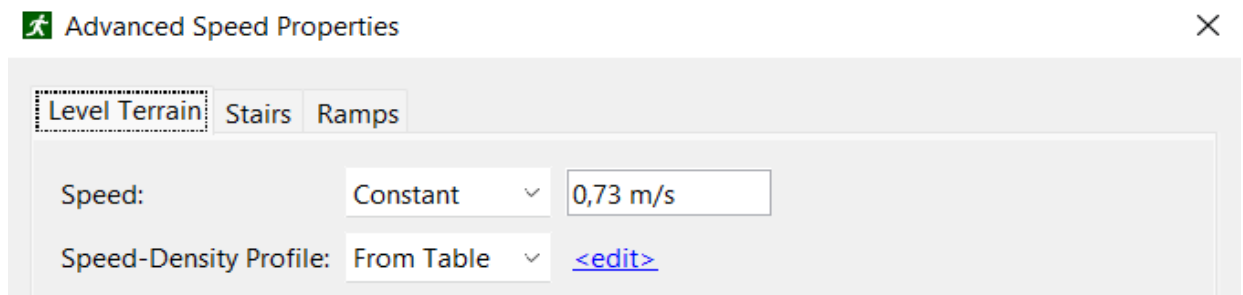


Рисунок 2.23 – Швидкість руху осіб працездатного віку в стаціонарах лікарень

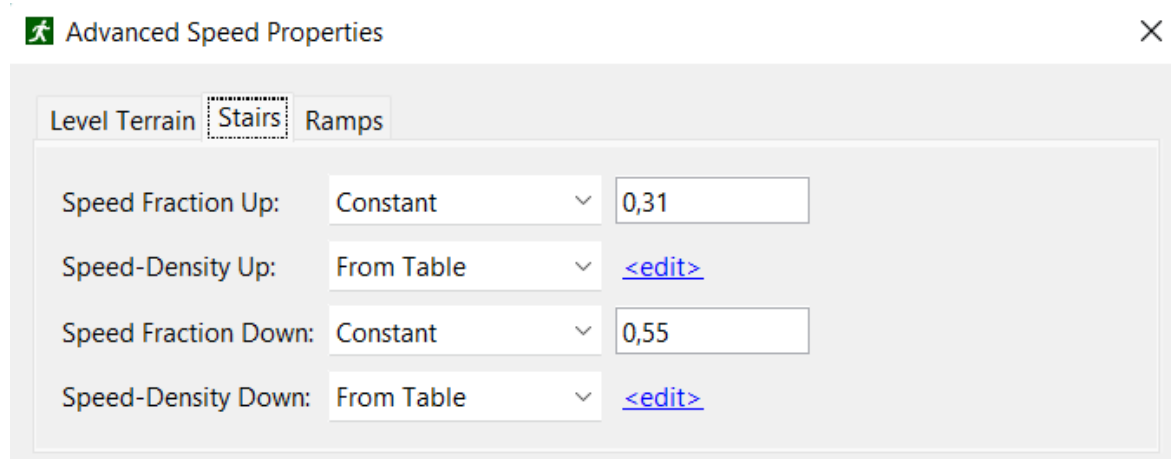


Рисунок 2.24 – Швидкість руху осіб працездатного віку в стаціонарах лікарень по сходах

Також задаємо швидкість руху персоналу лікарні відповідно до [37] як для групи мобільності M1.

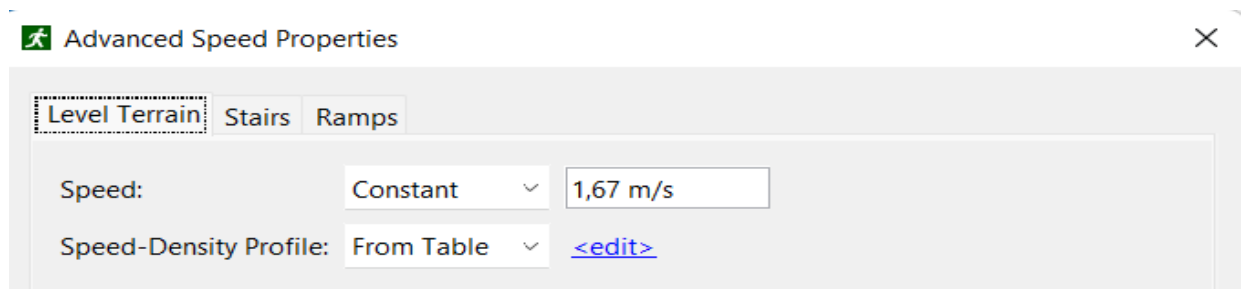


Рисунок 2.25 – Швидкість руху персоналу лікарні

Задано поведінку агентів. Агенти рухаються до найближчого виходу, окрім того, автоматично оминають місце пожежі.

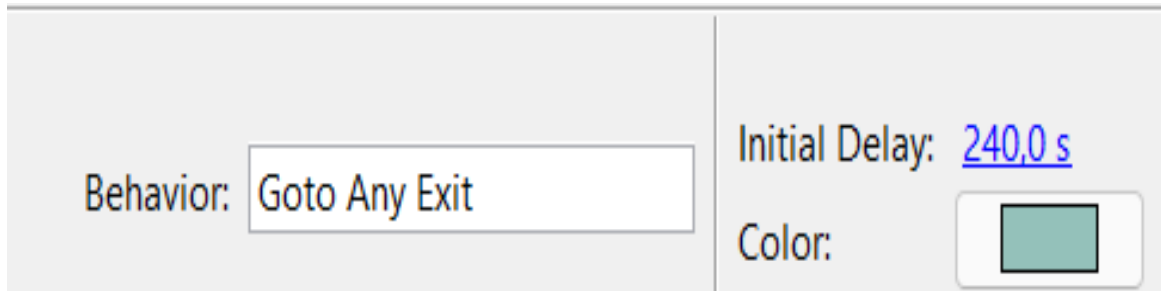


Рисунок 2.26 – Інструмент, який задає поведінку для агентів

Для проведення розрахунку визначаємо місце виникнення пожежі. В даному сценарії це робоче місце персоналу на 2-му поверсі, в кабінеті знаходиться найбільша пожежна навантага у вигляді оргтехніки та паперу.

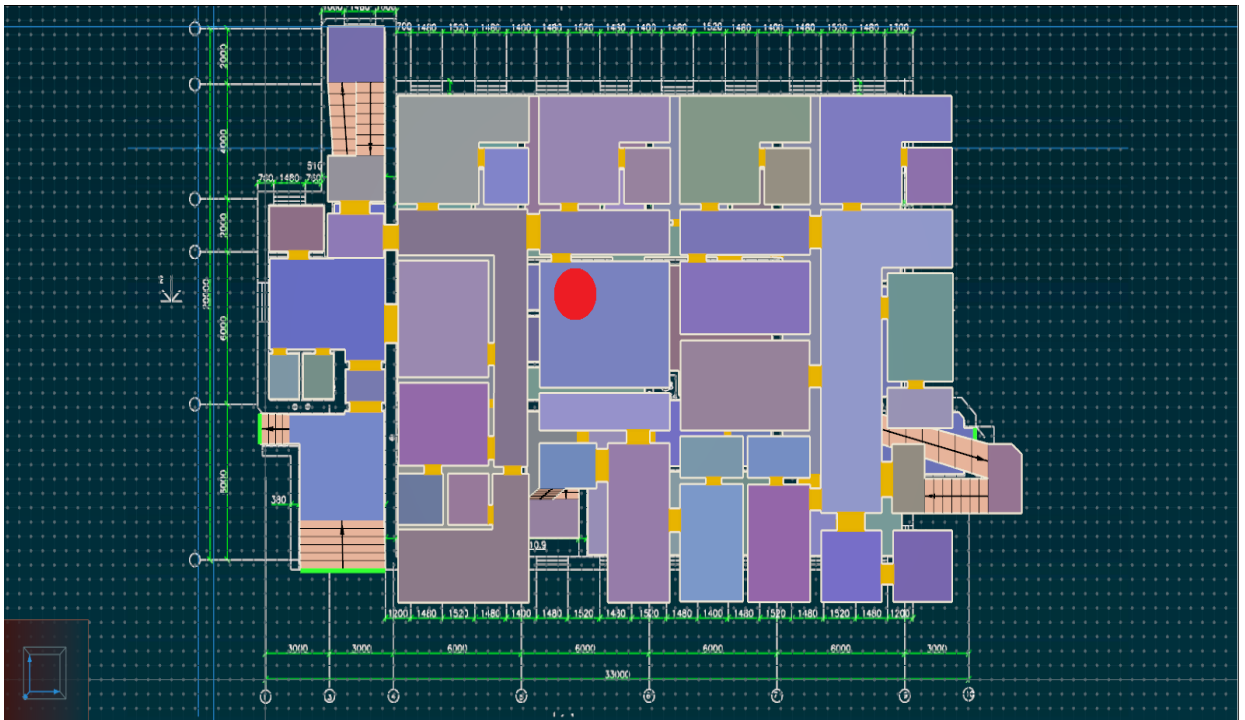


Рисунок 2.27 – Другий поверх реабілітаційного відділення з осередком пожежі, що зображений червоним колом

Окрім того, необхідно врахувати значення часу початку евакуації $t_{пе}$ (с) для приміщення осередку пожежі. Значення визначають за формулою:

$$t_{пе} = 5 + 0,01 * F, [29] \quad (2.2)$$

де F — площа приміщення, m^2 .

Для приміщення з осередком пожежі час евакуації становить 5,244 с. Також враховуємо час початку евакуації для інших приміщень відповідно до вихідних даних [5, 37], який становить 240 с.



Рисунок 2.28 – Процес евакуації з санаторію

Після проведення розрахунку отримуємо фактичний час евакуації. Фактичний час евакуації склав 339,3 с.

Sim Time (s):	<input type="text" value="339,3"/>	Run Time (s):	<input type="text" value="3,6"/>
Occs Rem:	<input type="text" value="0"/>	Occs Total:	<input type="text" value="69"/>
DTG Max (m):	<input type="text" value="0,0"/>	DTG Avg (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Рисунок 2.29 – Фактичний час евакуації

Відповідно до графіку перший агент вийшов з реабілітаційного відділення через 29 с (рис. 2.31).

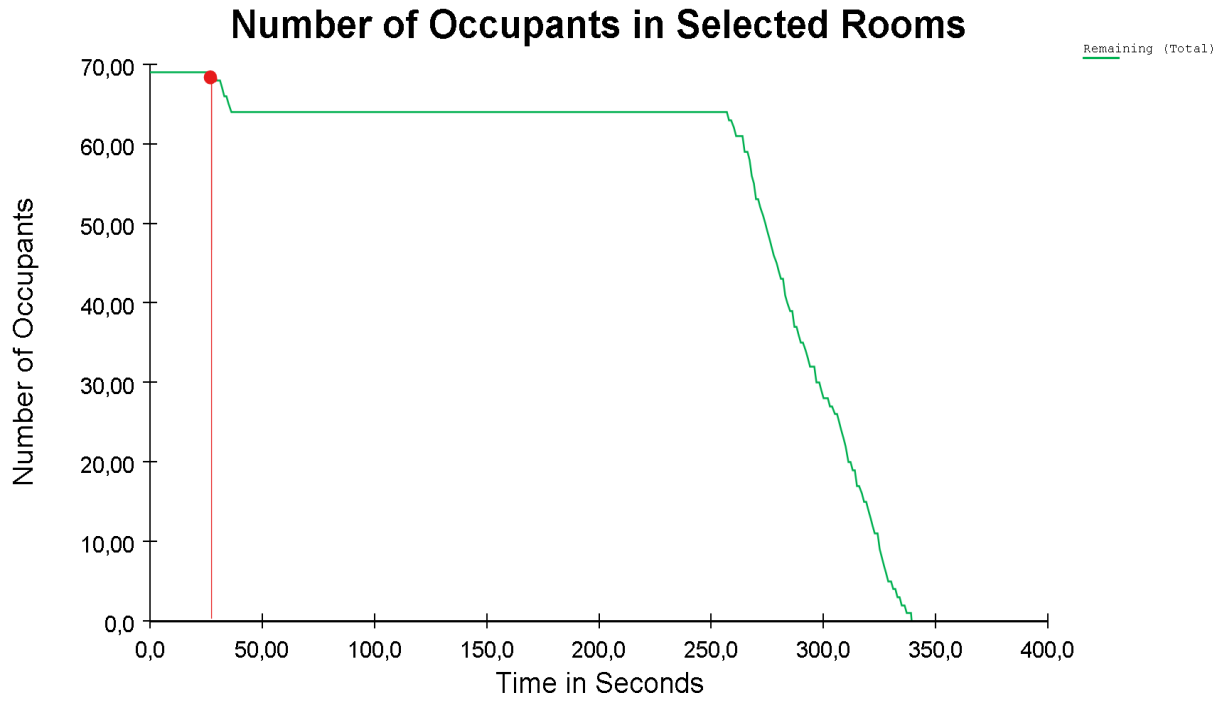


Рисунок 2.30 – Кількість людей, що вийшла з будівлі в певний момент часу

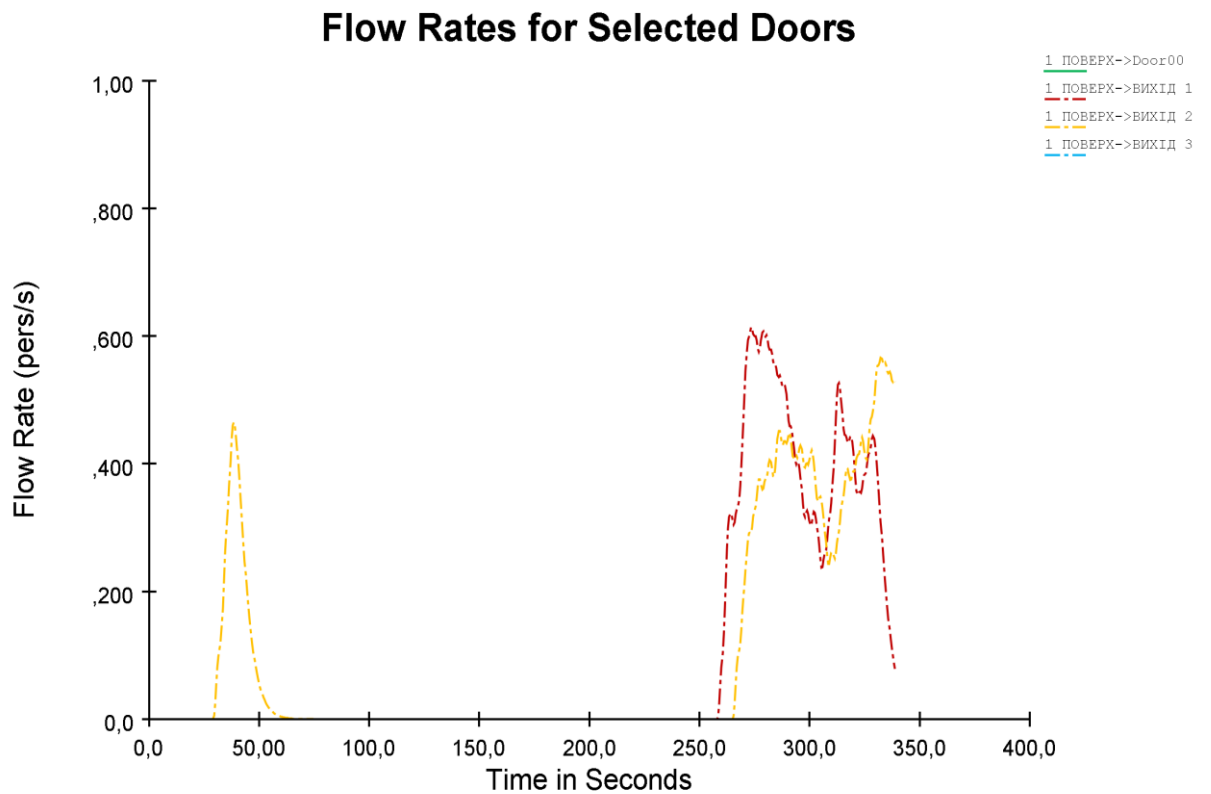


Рисунок 2.31 – Кількість людей, що вийшли через евакуаційні виходи

Висновки за розділом 2.3

Проведено розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder в дитячому санаторії. Фактичний час евакуації склав 339,3 с. Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації з лікарень та інших закладів охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих.

2.4 Дослідження часу евакуації людей з торговельних підприємств, ресторанів, кафе, їдальнь

Проведемо розрахунок часу евакуації людей за допомогою спрощеної аналітичної моделі руху людського потоку відповідно до розділу А.4 [37].

Об'єкт складається з трьох поверхів. Відповідно до об'ємно-планувальних рішень евакуація людей при пожежі з досліджуваного поверху будівлі для приміщень блоку АПП-1 має здійснюватись через сходові клітки. Чиста висота досліджуваного поверху будівлі для складського приміщення становить 15,24 м. Для проведення розрахунку було досліджено та розраховано приміщення, де розташовано Цех №1, Цех №2 Цех №3, Цеху механічної обробки, Складу комплектуючих, Блок АПП-1 та АПП-2.

Виходячи з вихідних даних та розгляду проекту будівлі у контекст розрахунку закладено наступне: системи протипожежного захисту будівлі знаходяться у не справному стані; приміщення з особливою загрозою виникнення пожежі не виділені; пожежа відбувається у момент перебування у досліджуваній частині другого поверху будівлі максимальної кількості людей; ймовірним джерелом пожежі є порушення умов експлуатації (несправність) електромереж або устаткування.

Зважаючи на контекст, для проведення розрахунку прийнято один типовий сценарій виникнення пожежі, в наслідок якого реалізуються

найгірші умови для евакуації людей через високу динаміку наростання небезпечних чинників пожежі та блокування ними одного із евакуаційних виходів досліджуваного поверху будівлі. Сценарій розвитку пожежі для частини першого поверху будівлі, де знаходиться приміщення Цеху №3, обумовлюється загорянням горючих матеріалів у наслідок короткого замкнення електромережі, осередок якого розташовано у найближчому (суміжному) до евакуаційного виходу приміщенні з найбільш високою пожежною навантагою. Зважаючи на прийняті об'ємно-планувальні та конструктивні рішення об'єкту, приймаємо один типовий сценарій розрахунку.

Умова безпечної евакуації людей за вимогами [37] має таке математичне відображення:

$$t_p + t_{n.e} \leq t_{\text{бл}} = t_{\text{нб}} \quad (2.3)$$

де t_p - розрахунковий час евакуації людей, хв;

$t_{n.e}$ - інтервал часу від виникнення пожежі до початку евакуації, хв;

$t_{\text{бл}}$ - час від початку пожежі до блокування евакуаційних шляхів у результаті поширення на них небезпечних чинників пожежі (далі - НЧП), що мають гранично допустиме для людей значення, хв.;

$t_{\text{нб}}$ - необхідний час евакуації, хв.

У [37] передбачається, що через період часу $t_{n.e}$ людина приступить до евакуації.

Значення часу початку евакуації (с) для приміщення осередку пожежі слід визначати за формулою:

$$t_{n.e} = 5 + 0,01 \cdot F \quad (2.4)$$

де F – площа приміщення, м².

Розрахунковий час встановлюється за розрахунком часу руху одного або декількох людських потоків через евакуаційні виходи від найбільш віддалених місць розміщення людей до виходу їх назовні з будівлі. Розрахунковий час евакуації визначається як сума часу руху окремими ділянками шляху з урахуванням зливання людських потоків, їх роз'єднання, утворення скупчень у прорізах дверей або на ділянках з незадовільною пропускною здатністю за формулою [37]:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 \dots t_i \quad (2.5)$$

де t_1 – час руху людського потоку на першій (початковій) ділянці, хв;

$t_2, t_3 \dots t_i$ – час руху людського потоку на кожній з наступних після першої ділянок шляху, хв.

Час руху людського потоку по першій ділянці t_1 визначається за формулою [37]:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} \quad (2.6)$$

де l_1 – довжина першої ділянки шляху, м;

V_1 – значення швидкості руху людського потоку горизонтальним шляхом на першій ділянці визначається за табл. А1 [37] залежно від густини D , м/хв.

Густина людського потоку на першій ділянці визначається за формулою [37]:

$$D = \frac{(N_1 \cdot f)}{(l_1 \cdot \delta_1)} \quad (2.7)$$

де N_1 – кількість людей на першій ділянці шляху;

f – середня площа горизонтальної проекції людини за [37] дорівнює для дорослої людини у зимовому одязі $0,125 \text{ м}^2$.

δ_1 – ширина першої ділянки, м.

Швидкість руху людського потоку на ділянках шляху, що слідує після першої приймаються за табл. А1 [37] залежно від значення інтенсивності руху людського потоку по кожній ділянці шляху, яке розраховується для всіх ділянок, в тому числі дверних прорізів за формулою [37]:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (2.8)$$

де δ_i, δ_{i-1} – ширина i -тої ділянки і попередньої ділянки шляху, м;

q_i, q_{i-1} – значення інтенсивності руху людського потоку на i -тій ділянці і попередній, м/хв.

Значення інтенсивності руху людського потоку на першій ділянці шляху ($q_i = q_{i-1}$), визначається за табл. А1 [37] по значенню D , визначеному за формулою (2.7).

Якщо значення q_i , що визначається за формулою (2.8) менше чи дорівнює значенню q_{\max} , то час руху по ділянці шляху (t_i) визначається за формулою (2.6), при цьому значення q_{\max} слід приймати за [37].

Якщо значення q_i , визначене за формулою (2.8), більше значення q_{\max} , інтенсивності і швидкості руху людського потоку ділянками шляху визначають в табл. А1 [37] при значенні густини потоку $D = 0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При цьому слід враховувати час затримки руху t людей на цій ділянці. Час руху людського потоку по цій ділянці визначається за формулою [37]:

$$t_i = t_{cl} + t \quad (2.9)$$

де $t_{сл}$ – час слідування по ділянці при мінімальній швидкості руху людського потоку, що визначається по табл. А1 [37] при значенні густини потоку

$D=0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ і більше, хв.;

t – час затримки руху, хв.

Час затримки на ділянці визначається за формулою, що наведена в [37]:

$$t = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_{гран} \cdot \delta_i} - \frac{1}{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}} \right) \quad (2.10)$$

де N – кількість людей на певній ділянці шляху;

$q_{гран}$ – граничне значення інтенсивності руху людського потоку при густині його, що перевищує $D=0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$;

δ_i – ширина ділянки евакуаційного шляху, на якому трапилася зупинка, м;

$\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}$ – сумарна пропускна здатність на ділянках евакуаційного шляху, які передували останній, на якій мала місце затримка руху, $\text{м}^2/\text{хв}$.

У разі зливання декількох потоків інтенсивність руху q_i визначається за формулою [37]:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (2.11)$$

де q_{i-1} – інтенсивність руху людських потоків, що зливаються на початку ділянки i , $\text{м}/\text{хв}$;

δ_{i-1} – ширина ділянок, по яких рухався людський потік до злиття, м;

δ_i – ширина ділянки шляху, на якій відбувається злиття людських потоків, м.

Гранична інтенсивність руху у дверях, якщо ширина дверного прорізу менше 1,6 м, визначається за формулою [37]:

$$q_{\text{дв.гран.}} = 2,5 + 3,75 \cdot \delta \quad (2.12)$$

Метод визначення розрахункового часу евакуації [37] не враховує впливу паніки на процес евакуації, фізичний стан, а також вік людей, які евакуюються.

Час існування скупчення на ділянці визначається за формулою:

$$t_{\text{ск}} = \frac{N \cdot f}{q_{\text{при } D=0,9} \cdot b_{i+1}}. \quad (2.13)$$

Початкові дані для моделювання та обґрунтування протипожежних вимог на об'єкті.

Розрахункові схеми, площі та розміщення приміщень досліджуваного об'єкту визначені відповідно до [39].

По відношенню до існуючої забудови, будівля, розташована згідно з протипожежними вимогами [39], з додержанням необхідних заходів, перешкоджаючих розповсюдженню вогню на сусідні будівлі.

Відповідно до методичних підходів, що викладені в [37], розрахунковий час евакуації людей з приміщень та будинків встановлюється за розрахунком тривалості руху одного або декількох людських потоків через евакуаційні виходи від найбільш віддалених місць розміщення людей до виходу назовні.

Вибір розрахункового сценарію пожежі зроблено експертним шляхом, на основі аналізу пожежної небезпеки будівлі, об'ємно-планувальних рішень об'єкту захисту, параметрів евакуаційних шляхів та виходів, а також кількості місць розміщення людей в приміщеннях. При цьому враховано вимоги документу [37]. Даний сценарій розвитку пожежі було прийнято на першому поверсі досліджуваного об'єкта у приміщення Цеху №3.

Планування досліджуваного поверху будинку та розрахункові схеми евакуації людей з нього наведено на рис. 2.32–2.33. Результати розрахунків

параметрів руху людських потоків по ділянках евакуаційних шляхів з поверху будинку наведено в табл. 2.4.



Рисунок 2.31 – Схема евакуації людей з 1-го поверху будівлі

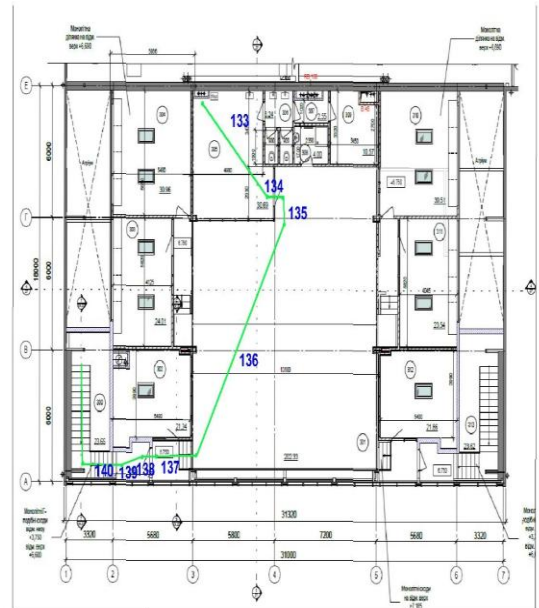
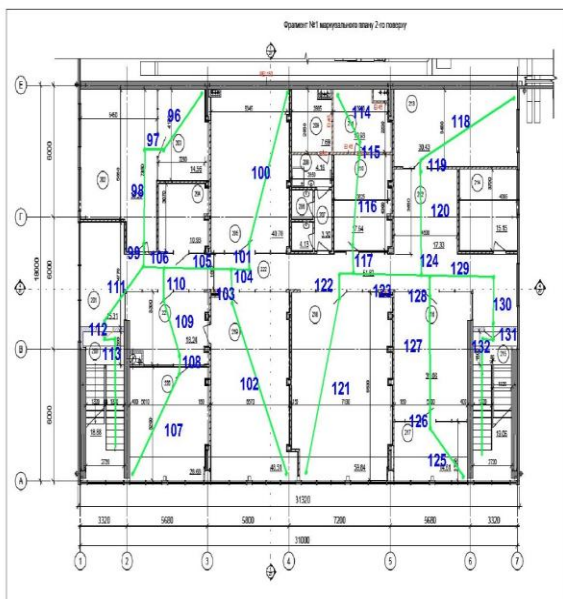


Рисунок 2.32 – Схема евакуації людей з 2-го та 3-го поверху будівлі

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків параметрів руху людських потоків

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
Евакуація до виходу 95						
70	Горизонт	1	0	0,22	22,2	10
71	Горизонт	1	0	0,19	18,7	10
72	Горизонт	2	0	0,22	22,4	10
73	Горизонт	4	0	0,06	5,7	3
74	Горизонт	6	0	0,02	2	2
75	Двері	13,3	0	0	0	0,9
76	Горизонт	4	0	0,15	14,7	6
77	Двері	16	0	0	0	1,5
78	Горизонт	11,8	0	0,11	7	1,7
79	Горизонт	4	0	0,09	8,5	2
80	Двері	8,9	0	0	0	0,9
80	Горизонт	13,5	0,09	0,73	9,6	1,7
81	Горизонт	4,7	0	0,01	0,8	1,7
81	Двері	5,9	0,64	0	0	0,9
82	Двері	4,4	0	0	0	1,2
83	Горизонт	1,7	0	0,04	4,4	3,1
84	Двері	5,9	0	0	0	0,9
85	Горизонт	1,8	0	0,06	5,6	3
86	Двері	4,4	0	0	0	1,2
87	Горизонт	0,5	0	0,16	15,7	10
88	Двері	13,3	0	0	0	1,15
89	Горизонт	4,9	0	0,05	4,9	3,1

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
90	Двері	17	0	0	0	0,9
91	Горизонт	5,1	0	0,06	5,7	3
92	Двері	17	0	0	0	0,9
93	Горизонт	1,5	0	0,2	20,3	10
94	Горизонт	1,1	0	0,24	24,4	10
95	Двері	5,9	1,9	0	0	0,9
96	Горизонт	6,2	0	0,04	3,6	2
97	Двері	13,8	0	0	0	0,9
98	Горизонт	2,5	0	0,04	4,4	5
100	Горизонт	1	0	0,07	7,4	5
101	Двері	5,6	0	0	0	0,9
102	Горизонт	1	0	0,09	8,8	5
103	Двері	5,6	0	0	0	0,9
105	Горизонт	5,9	0	0,05	4,7	1,7
106	Горизонт	11,8	0	0,02	1,5	1,7
107	Горизонт	2	0	0,06	5,7	5
108	Двері	11,1	0	0	0	0,9
109	Горизонт	2	0	0,03	2,8	5
110	Двері	11,1	0	0	0	0,9
111	Горизонт	6,5	0	0,04	3,7	5
112	Двері	5,9	0,34	0	0	0,9
113	Сходи	12	0	0,19	15,2	1,27
114	Горизонт	7,4	0	0,03	2,8	2
115	Двері	16,4	0	0	0	0,9
116	Горизонт	3	0	0,04	3,9	5

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
117	Двері	5,9	0,16	0	0	0,9
118	Горизонт	2	0	0,07	7,2	3
119	Двері	6,7	0	0	0	0,9
120	Горизонт	2	0	0,05	4,5	3
121	Горизонт	1	0	0,08	8,4	5
122	Двері	5,6	0	0	0	0,9
123	Горизонт	3,1	0	0,05	4,8	1,7
124	Горизонт	6,6	0	0,01	0,5	1,7
125	Горизонт	3	0	0,03	3,23	5
126	Двері	16,7	0	0	0	0,9
127	Горизонт	3	0	0,05	5,2	5
128	Двері	16,7	0	0	0	0,9
129	Горизонт	15,5	0	0,11	4,5	1,7
130	Горизонт	13,1	0	0,04	1,9	2
131	Двері	5,9	0,32	0	0	0,9
132	Сходи	4,2	0	0,15	15,2	1,27
133	Горизонт	5	0	0,06	6,2	2
134	Двері	11,1	0	0	0	0,9
135	Горизонт	5	0	0,01	1,2	2
136	Горизонт	2	0	0,12	12,3	5
137	Сходи	8,3	0	0,03	2,7	1,2
138	Двері	11,1	0	0	0	0,9
139	Горизонт	8,3	0	0,02	1,5	1,2
140	Сходи	7,9	0	0,15	15	1,27
117-1	Горизонт	2,9	0	0,01	0,9	1,7

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 95, хв.						3,81
Евакуація до виходу 34						
27	Горизонт	1	0	0,16	15,7	2
28	Горизонт	1	0	0,06	6,5	2
29	Горизонт	1	0	0,16	15,7	2
30	Горизонт	2	0	0,08	8,3	2
31	Горизонт	1	0	0,24	23,7	2
32	Горизонт	1	0	0,05	5,3	2
33	Горизонт	3	0	0,07	6,6	2
34	Двері	6,7	0	0	0	0,9
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 34, хв.						0,37
Евакуація до виходу 8						
1	Горизонт	3	0	0,32	32,4	2
2	Горизонт	3	0	0,32	32,4	2
3	Горизонт	3	0	0,32	32,4	2
4	Горизонт	3	0	0,07	6,8	2
5	Горизонт	6	0	0,06	6	2
6	Горизонт	9	0	0,08	6,2	2
7	Горизонт	9	0	0,07	5,3	2
8	Двері	5,9	0,65	0	0	0,9
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 8, хв.						1,26
Евакуація до виходу 26						
23	Горизонт	1	0	0,22	21,6	2

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
24	Горизонт	2	0	0,15	14,7	2
25	Горизонт	4	0	0,07	7	1,5
26	Двері	6,7	0	0	0	0,9
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 26, хв.						0,29
Евакуація до виходу 16						
10	Горизонт	4	0	0,23	22,8	2
11	Горизонт	4	0	0,23	22,8	2
12	Горизонт	4	0	0,06	6,2	2
13	Горизонт	8	0	0,08	6,1	2
14	Горизонт	12	0	0,11	6,4	2
15	Горизонт	12	0	0,1	5,8	2
16	Двері	5,9	0,72	0	0	0,9
9	Горизонт	4	0	0,23	22,8	2
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 16, хв.						1,29
Евакуація до виходу 41e						
35	Горизонт	5,6	0	0,12	11,3	2
36	Горизонт	5,6	0	0,43	41,6	2
37	Горизонт	5	0	0,09	9	2
38	Горизонт	10,6	0	0,31	20,5	2
39	Горизонт	10,6	0	0,19	12,6	2
40	Горизонт	10,6	0	0,06	4,1	2
41	Горизонт	10,6	0	0,13	8,8	2
41e	Двері	5,9	0,3	0	0	0,9
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 41, хв.						1,54

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
хв.						
Евакуація до виходу 69						
42	Горизонт	4	0	0,05	4,5	2
43	Двері	8,9	0	0	0	0,9
44	Горизонт	4	0	0,04	4,2	2
45	Двері	8,9	0	0	0	0,9
46	Горизонт	6,2	0	0,03	2,8	2
47	Двері	13,8	0	0	0	0,9
48	Горизонт	6,2	0	0,02	1,7	2
49	Горизонт	7,3	0	0,05	4,2	1,7
50	Горизонт	10,8	0	0,01	0,96	1,7
51	Горизонт	3	0	0,06	6,5	2
52	Двері	6,7	0	0	0	0,9
53	Горизонт	15,5	0	0,11	4,5	1,7
54	Горизонт	4	0	0,07	6,8	2
55	Двері	8,9	0	0	0	0,9
56	Горизонт	13,5	0,02	0,12	1,5	1,7
57	Горизонт	13,5	0,02	0,12	1,5	1,7
58	Горизонт	3	0	0,07	7,3	2
59	Двері	6,7	0	0	0	0,9
60	Горизонт	13,5	0,02	0,48	6,9	1,7
61	Горизонт	3	0	0,07	6,9	2
62	Двері	6,7	0	0	0	0,9
63	Горизонт	13,5	0,03	0,31	4,3	1,7
64	Горизонт	3	0	0,06	6,2	2

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
65	Двері	6,7	0	0	0	0,9
66	Горизонт	13,5	0,03	0,18	2,2	1,7
67	Двері	13,5	0	0	0	1,7
68	Горизонт	13,5	0	0,06	2,9	1,7
69	Двері	5,9	0,47	0	0	0,9
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 69, хв.						2,09
Евакуація до виходу 23						
17	Горизонт	1	0	0,62	62,4	2
18	Горизонт	1	0	0,62	62,4	2
19	Горизонт	1	0	0,63	63,3	2
20	Горизонт	1	0	0,06	5,8	2
21	Горизонт	2	0	0,06	6	2
22	Горизонт	3	0	0,06	6	2
23	Двері	6,7	0	0	0	0,9
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 23, хв.						0,80
Евакуація до виходу 148						
141	Горизонт	1	0	0,25	24,9	5
142	Двері	5,6	0	0	0	0,9
143	Горизонт	2	0	0,14	14,5	5
144	Двері	11,1	0	0	0	0,9
145	Горизонт	2	0	0,04	3,8	5
146	Горизонт	1	0	0,05	5,5	5
147	Горизонт	3	0	0,07	6,6	5
148	Двері	16,7	0	0	0	0,9

Ділянка №	Тип ділянки	Інтенсивність руху, м/хв.	Час затримки, хв.	Час руху на ділянці, хв.	Довжина ділянки, м	Ширина ділянки, м
1	2	3	4	5	6	7
Розрахунковий час евакуації людей до евакуаційного виходу 148,						0,37
хв.						

Висновки за розділом 2.4

Проведено розрахунки розрахункового часу евакуації людей з приміщень підприємства.

За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок, що за умови прийнятих об'ємно-планувальних й конструктивних рішень розрахунковий час евакуації людей з приміщень об'єкту за його межі не перевищує часу настання гранично допустимого для людини значення небезпечних чинників пожежі, таким чином проектом забезпечено безпечні умови евакуації в разі виникнення пожежі на об'єкті розрахунку.

Розрахунок за [37] за допомогою спрощеної аналітичної моделі руху людського потоку та моделювання в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації.

2.5 Дослідження часу евакуації людей з готелів та готельних комплексів

Проведемо розрахунок та моделювання часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder на прикладі висотної будівлі. Аналогічну модель можливо застосувати для готелів та готельних комплексів.

Розрахунок часу евакуації людей та часу досягнення небезпечними чинниками пожежі критичних значень для життя людини під час пожежі проводимо по житловій будівлі по вул. Байди Вишневецького, 68 в м. Черкаси.

Відповідно до проекту [40], житловий будинок має I ступінь вогнестійкості, за умовною висотою кваліфікується як висотний будинок. З першого по сімнадцятий поверх розміщуються одно та двокімнатні квартири. Висота поверхів – 2,7 м. Ширина загальних коридорів – 1,6–1,8 м. Евакуація людей з кожного поверху будинку передбачена через незадимляему сходову клітку типу Н1. Ширина маршів та площадок складає 1,35 м. В якості другого евакуаційного виходу в кожній квартирі передбачено влаштування зон «відстою» на балконах розміром не менше 1500 мм x 1200 мм біля глухого простінку та не менше ніж 1600 мм між вікнами.

Приміщення житлової частини будинку передбачено обладнати системою пожежної сигналізації та системою оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей типу СО-1, системою димовидалення з загальних по поверхових коридорів та системами підпору повітря в ліфти та ліфтові холи

Розрахунок часу евакуації людей та часу блокування небезпечними чинниками пожежі евакуаційних шляхів під час пожежі проводимо згідно з методикою [37].

Отримані значення часу евакуації порівнюємо:

– із часом блокування евакуаційних виходів небезпечними факторами пожежі, який визначаємо згідно із методикою (розділ А.8) [37] для окремого приміщення, в якому виникла пожежа;

– із вогнестійкістю стін сходової клітки для будинку в цілому.

Для розрахунку приймаємо сценарій виникнення пожежі за якого реалізуються найгірші умови для евакуації людей та (або) найбільш висока динаміка наростання небезпечних чинників пожежі. Під час вибору сценарію виникнення пожежі виходимо із наступного: пожежа виникає біля одного із

евакуаційних виходів будівлі, небезпечні чинники пожежі блокують цей евакуаційний вихід, пожежа виникає в приміщенні із найбільш пожежонебезпечним навантаженням та найменшим за об'ємом.

Виходячи із вищезазначеного розглядаємо наступний сценарій виникнення пожежі:

– пожежа виникає на першому поверсі в квартирі що має площу 43,06 м² та розташоване поблизу сходової клітки. Небезпечні чинники пожежі вільно поширюються по всьому поверху та об'єму сходової клітки та блокують евакуаційний вихід через вказану сходову клітку. Під час визначення кількості людей, які евакуюються із приміщень, у разі відсутності даних в проєктній документації [40] користуємося такими нормами: для приміщення квартири - норма площі 21 м²/людину +10,5 м² на сім'ю.

Кількість людей, які перебувають у приміщеннях та приймаються для розрахунків наведені у табл. 2.5.

Під час розрахунку часу евакуації приймаємо, що пожежа виникла у час, коли будинок максимально заповнений мешканцями житлової частини будинку та персоналом офісних приміщень. Місце початку евакуації приймаємо найбільш віддалену від евакуаційного виходу точку приміщення.

В розрахунку не враховуються технічні приміщення підвалу, в яких не передбачено перебування людей та обслуговуючого персоналу, оскільки при дотриманні вимог в частині улаштування евакуаційних шляхів та виходів вважається достатнім для забезпечення безпечної евакуації людей із таких приміщень.

Таблиця 2.5 – Розрахункова кількість людей

Назва приміщення	№ приміщення за специфікацією	Норматив для визначення	Площа приміщення	Кількість людей
Типовий поверх				
Квартири	1	[29]	43,06 м ²	2

	2	[29]	71,85 м ²	3
	3	[29]	45,48 м ²	2
	4	[29]	46,55 м ²	2
	5	[29]	46,55 м ²	2
	6	[29]	45,48 м ²	2
	7	[29]	71,85 м ²	3
	8	[29]	43,06 м ²	2

Розрахунок часу блокування небезпечними чинниками пожежі евакуаційних шляхів

Для розрахунку приймаємо вихідні дані, що наведені у табл. 2.6, як для житлових та офісних приміщень відповідно [39].

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунку часу блокування небезпечними чинниками пожежі евакуаційних шляхів

№ п/п	Параметр	Значення параметра
		квартира
1.	Висота приміщення, м	2,7
2.	Розрахункова площа, м ²	43,06
3.	Найнижча теплота згорання, МДж/кг	13,8
4.	Лінійна швидкість поширення пожежі м/с	0,0045
5.	Питома швидкість вигорання кг/ м ² с	0,0145
6.	Димоутворювальна здатність Нп · м ² /кг	270
7.	Питома витрата кисню (O ₂) кг/кг	1,03
8.	Вихід двооксид вуглецю (CO ₂) кг/кг	0,203
9.	Вихід оксиду вуглецю (CO) кг/кг	0,0022
10.	Вихід хлористого водню (HCL) кг/кг	0,014

Таблиця 2.7 – Результати розрахунків часу блокування небезпечними чинниками пожежі евакуаційних шляхів

№ п/п	Параметр	Результати
		квартира
1.	Вільний об'єм приміщення, м ³	117,4
2.	Параметр В	7,02
3.	Параметр А	3,07 10 ⁻⁷
4.	Параметр Z	1,52
5.	Критична температура, с	133,9
6.	Дефіцит кисню, с	127,3
7.	Критична концентрація CO ₂ , с	*
8.	Критична концентрація CO, с	*
9.	Критична концентрація хлористого водню, с	73,8
10.	Втрата видимості, с	109,3

* небезпечний чинник пожежі не представляє загрози

Розрахунок необхідного часу евакуації людей у разі пожежі

Необхідний час евакуації людей (t_n) визначають за формулою:

$$t_{нб} = 0,8 \cdot t_{кр}. \quad (2.14)$$

де $t_{кр}$ - час досягнення критичних значень небезпечних чинників пожежі в об'ємі, що розглядається, с.

Найбільшу безпеку для людей за обраного сценарію пожежі являє отруєння парами хлористого водню.

Таким чином необхідний час евакуації людей із поверху пожежі (типовий поверх) складає $0,8 \times 73,8 = 59,04$ секунди (0,98 хв).

Розрахунок часу евакуації

Перевіряємо виконання умови безпечної евакуації людей табл. 2.8.

Запроєктовані об'ємно-планувальні, конструктивні та інженерні рішення багатоквартирного житлового будинку по вул. Байди Вишневецького, 68 в м. Черкаси забезпечить безпечну евакуацію людей у разі пожежі за умови справності та ефективного спрацювання систем димовидалення по поверхових коридорів, підпору повітря в шахти та ліфтові холи ліфтів, влаштування сходової клітки типу Н1, встановлення вогнестійких дверей з класом вогнестійкості EI30 входу в квартири та з врахуванням влаштування других евакуаційних виходів з квартири на площадку – пожежобезпечну зону «зону відстою» на балконі кожної квартири (в т.ч. шириною балконів 1,5 м для МГН).

Таблиця 2.8 – Перевірка умови безпечної евакуації людей

№ п/п	Назва приміщення	Необхідний час евакуації, хв	Час від початку евакуації, хв	Розрахункова тривалість евакуації, хв	Висновок перевірки
1.	Житлова частина будинку (типовий поверх)	0,98	3,0	0.37	Не виконується $0,98 < 3,37$

Проведемо розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу PATHFINDER із змодельованого житлового будинку по вул. Байди Вишневецького, 68 в м. Черкаси.

При цьому вирішені такі питання:

1) визначити залежність часу евакуації від параметрів руху людей різних груп мобільності;

2) порівняти розрахунковий час евакуації по сходовій клітині та з використанням ліфтів.

При організації процесу евакуації важливо розглядати рішення, спрямовані не тільки на покращення часу евакуації, але й на зниження щільності людських потоків. Це дасть можливість мінімізувати ризики травматизму людей і утворення перешкод у процесі руху.

В якості найбільш ефективного рішення варто розглядати поетапну евакуацію. Схема організації поетапної евакуації заснована на поділі людей, що евакуюються, і запобігання їх перетину.

Для можливості проведення розрахунків та моделювання евакуації з прийнятого житлового будинку слід визначити наступні вихідні дані які приймаються за проектною документацією та вимог нормативних документів:

- кількість поверхів – 17 [40];
- кількість секцій – 1 [40];
- висота поверху – 2,7 м [40];
- співвідношення людей груп мобільності М1, М2, М3, М4 прийнято відповідно 90, 4, 4, і 2 % 276, 12, 12, 6 осіб відповідно. При розрахунку прийнято 10% від загальної кількості людей в житловому будинку [40];
- загальна кількість людей в будинку – 306 осіб [40];
- кількість незадимлюваних сходових кліток – 1 Н1, сходовий марш – 1,35 м [40];
- ширина коридорів – 1,6 м [40];
- ширина дверей сходової клітки та виходів з тамбур-шлюзів – 1,35 м [40];
- ширина вхідних дверей квартир – 0,9 м [40];
- кількість ліфтів - 1 пожежний ліфт та 1 пасажирський [40];
- пожежний ліфт:
- номінальне навантаження – 630 кг;
- швидкість – до 4,5 м/с;

- час прямування до найвищого поверху – не більше ніж 60 с;
- час роботи пожежного ліфта при пожежі – не менше 2 год;
- ширина дверей ліфтової кабіни – 0,9 м [10];
- час початку евакуації при обладнаних багатоквартирних житлових будинків системою керування евакуюванням (в частині системи оповіщення про пожежу і покажчиків напрямку евакуювання) – 180 с [37];
- інтенсивність і швидкість руху людського потоку різними ділянками шляхів евакуації в залежності від щільності для групи мобільності [37]:

Таблиця 2.9 – Інтенсивність і швидкість руху людського потоку з готелів та готельних комплексів

Група МГН	Горизонтальний шлях		Сходи вниз	
	Швидкість, м/хв	Інтенсивність, м/хв	Швидкість, м/хв	Інтенсивність, м/хв
М1	100	1,0	100	1,0
М2	30	0,3	30	0,3
М3	70	0,7	20	0,2
М4	60	0,6	-	-

Примітка. Групи мобільності, згідно з [10]:

М1 – Особи з інвалідністю, що не мають обмежень щодо мобільності, у тому числі з порушенням слуху; М2 – немічні люди, мобільність яких знижена через старіння організму; інваліди на протезах; інваліди з вадами зору, що користуються тростиною; люди з психічними відхиленнями; М3 – інваліди, що використовують при русі додаткові опори (милиці, ціпки); М4 – інваліди, що пересуваються на кріслах-колясках, які приводяться у рух вручну.

Моделювання та визначення часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу PATHFINDER без використання пожежних ліфтів.

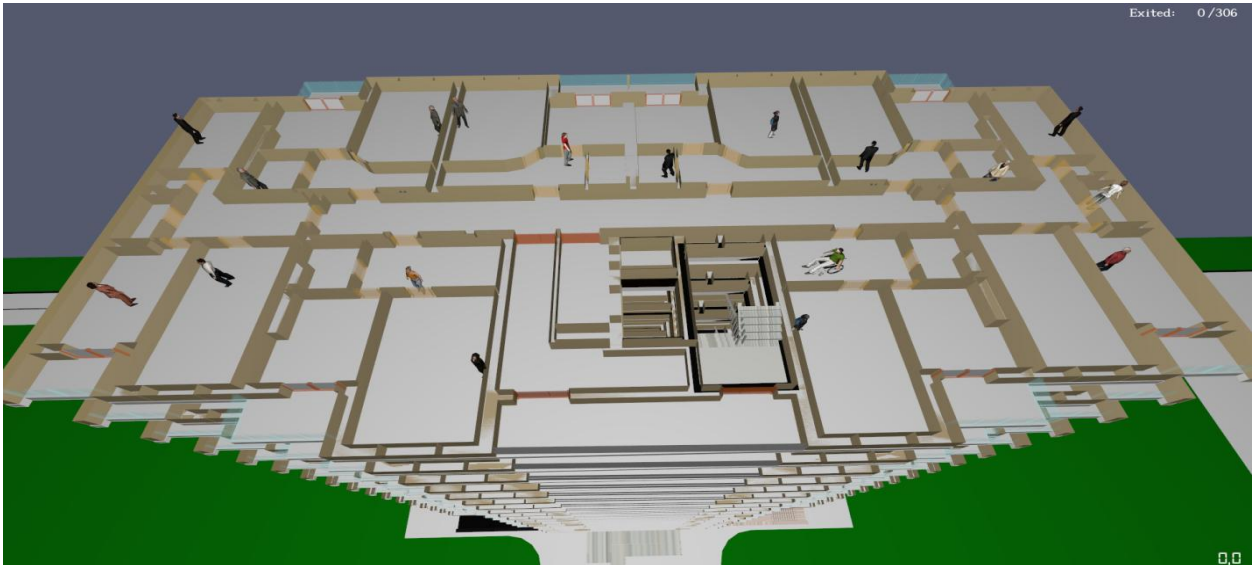


Рисунок 2.33 – Розміщення людей у житловому будинку до початку евакуації

Так як житловий будинок відповідно до вимог підпадає обладнанню системами пожежної сигналізації та оповіщення і управління евакуюванням, рух людей починається після її спрацювання із затримкою в 180 с [37].

Як видно із рис. 2.34, люди починають евакуюватися самостійно через сходову клітку окрім людей групи мобільності М4 які залишаються в квартирах. Евакуація з висотних будинків М4 здійснюється пожежно-рятувальними підрозділами (пожежними ліфтами, сходовими клітками).



Рисунок 2.34 – Початок евакуації людей

Найближча пожежно-рятувальна частина до наведеного житлового будинку знаходиться на відстані – 1,6 км по дорогах міського призначення.

Час прибуття підрозділу:

$$T_{\text{приб}} = T_{\text{виявл}} + T_{\text{спов}} + T_{\text{зб.в}} + \frac{L_{\text{прям}}}{V_{\text{прям}}} \cdot 60 = 3 + 1 + 1 + \frac{1,6 \times 60}{40} = 6,4 \text{ хв} \quad (2.15)$$

На момент прибуття пожежно-рятувальних підрозділів, із житлового будинку евакуювалося 175 осіб із 306.

Час прибуття безпосередньо до пожежного ліфта:

$$T_{\text{вільн}} = T_{\text{приб}} + T_{\text{о,р}} = 6,4 + 3 = 9,4 \text{ хв} \quad (2.16)$$

Після прибуття на місце події, особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів оцінює ситуацію та взявши необхідне пожежно-технічне обладнання прямує до пожежного-ліфта. Орієнтований час становить – 565 с.



Рисунок 2.35 – Прибуття на місце події перших пожежно-рятувальних підрозділів

Висотний житловий будинок самостійно залишило 294 осіб із 306, з яких 6 людей групи мобільності М3 та 6 людей М4.



Рисунок 2.36 – Прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до ліфта

Відбувається пошук та евакуація людей. Людей групи мобільності М4 евакуюють рятувальники пожежними-ліфтами.

На час евакуації першої людини групи мобільності М4 який становить 661 с, будинок залишили всі люди груп мобільності М1-М3.

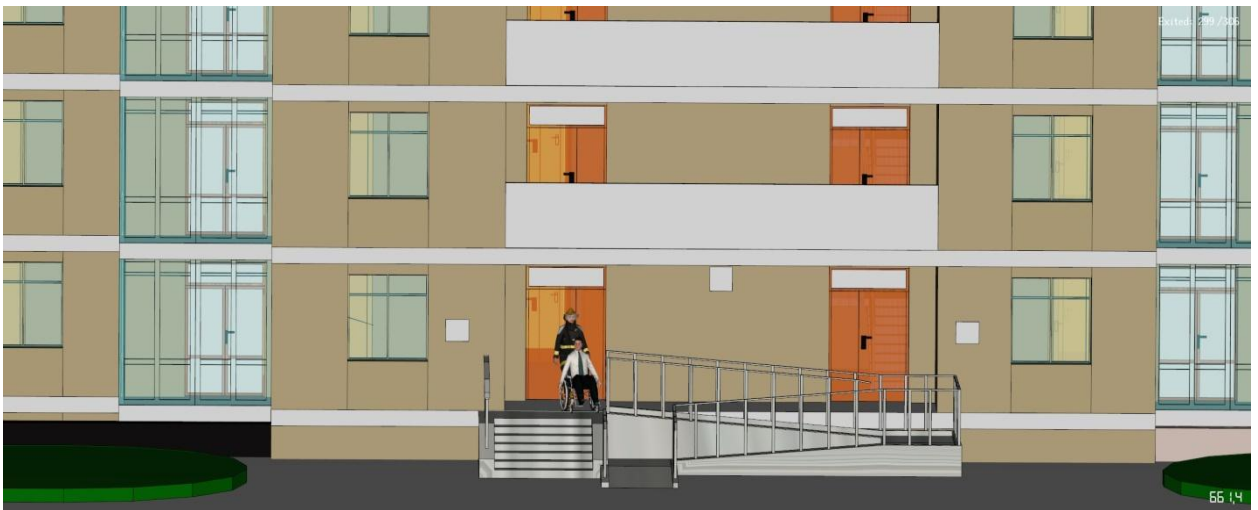


Рисунок 2.37 – Евакуація першої людини групи мобільності М4 за допомогою пожежних ліфтів

Одночасно слід враховувати під час розрахунку можливий час на пошук рятувальниками людей (рис. 2.38).



Рисунок 2.38 – Прямування рятувальника до людини

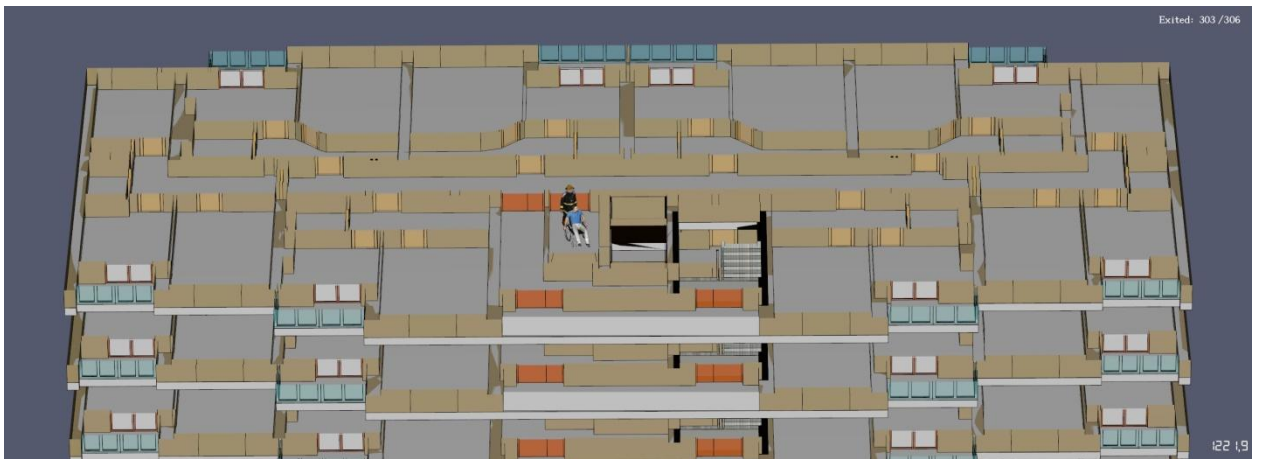


Рисунок 2.39 – Доставляння рятувальником людини до пожежного ліфта



Рисунок 2.40 – Евакуація останньої людини з будинку

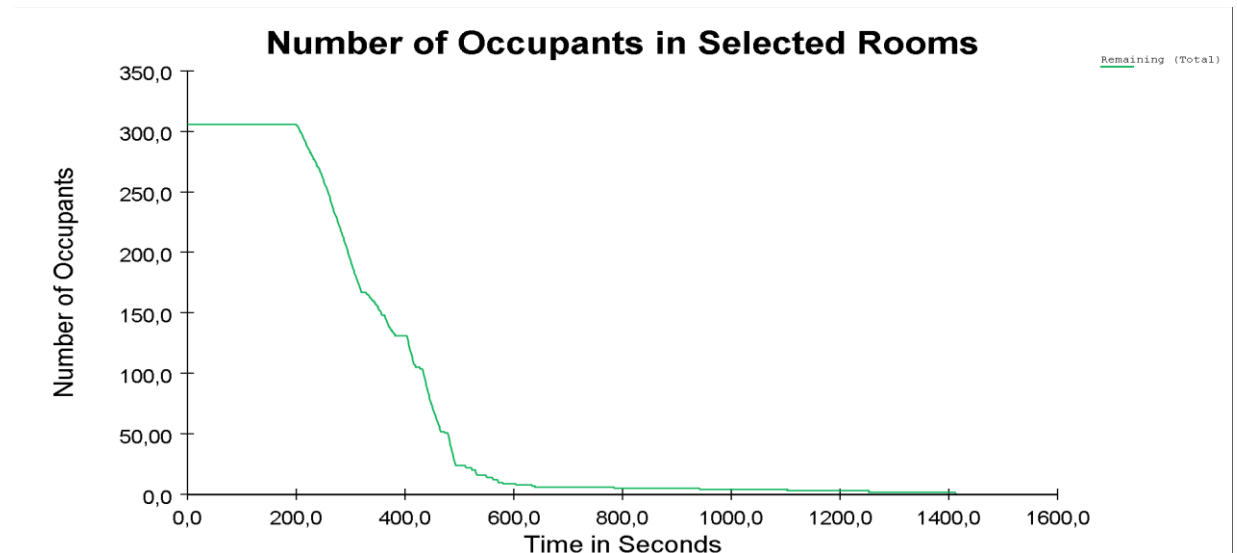


Рисунок 2.41 – Кількість людей, що вийшла з будівлі в певний момент часу

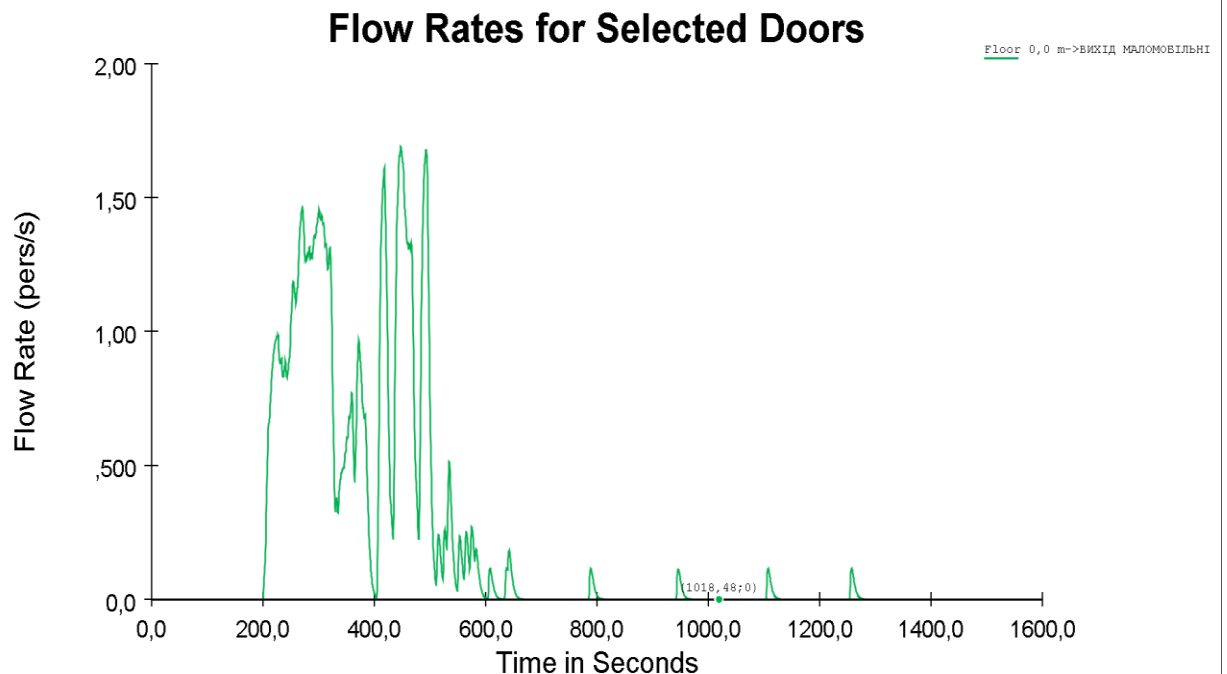


Рисунок 2.42 – Кількість людей, що вийшли через евакуаційні виходи

Загальний час евакуації людей при пожежі становив – 1434 с або майже 24 хв.

Висновки за розділом 2.5

Наявні об'ємно-планувальні рішення досить часто в процесі експлуатації висотних будинків змінюються власниками/користувачами без будь-яких проектних рішень, які б відповідали вимогам НД, що в свою чергу

негативно впливає на своєчасну евакуацію людей. Для доведення можливості безпечної евакуації пожежними ліфтами при пожежі МГН, були опрацьовані наукові роботи присвячені даній тематиці, проведений аналіз нормативних документів в частині влаштування та конструктивного виконання ліфтів у висотних будівлях, їх надійності, безпечності, доступності. Як висновок – сучасні пожежні ліфти висотних будівель можуть використовуватися як додатковий шлях евакуації людей з поверхів для категорії групи мобільності – М4 (інваліди, що пересуваються на кріслах-колясках, які приводяться у рух вручну). Для підтвердження ефективності використання пожежних ліфтів було проведено відповідні обчислення:

- розрахунок часу евакуації людей та часу досягнення небезпечними чинниками пожежі критичних значень для життя людини під час пожежі без використання ліфтів;

- моделювання та визначення часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder без/та використанням ліфтів.

Проведеним моделюванням евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder без/та з використанням ліфтів було встановлено, що до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів з розглянутого як прикладу житлового будинку по вул. Байди Вишневецького, 68 в м. Черкаси, майже всі люди евакуюються через відповідні шляхи евакуації в тому числі і група мобільності – М4 використовуючи пожежні ліфти. Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗІЗОД ДЛЯ САМОРЯТУВАННЯ

Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) за своїм призначенням, принципом дії і технічними даними є різноманітними [41]. Можна виділити п'ять основних ознак поділу ЗІЗОД (рис. 3.1).

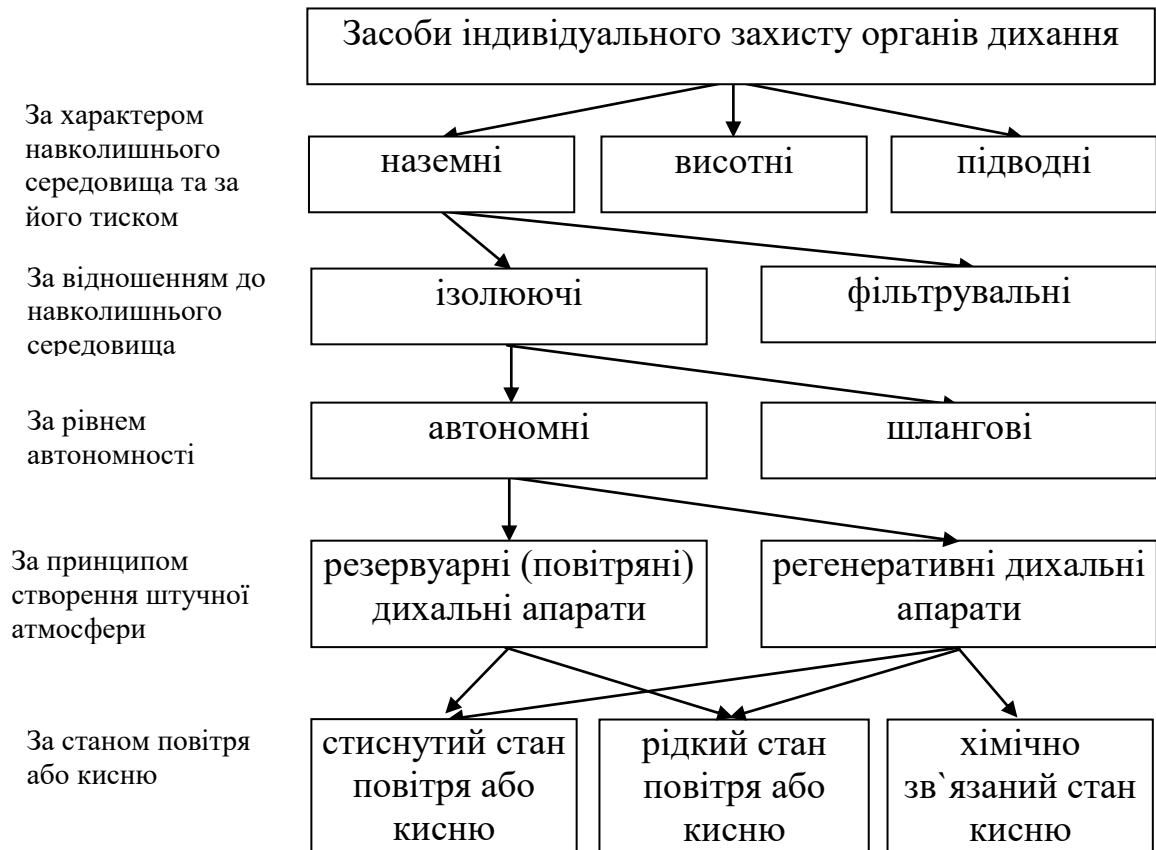


Рисунок 3.1 – Класифікація ЗІЗОД

За характером навколишнього середовища (газ або рідина) і за його тиском ЗІЗОД поділяють на наземні, висотні й підводні. Наземні дихальні апарати застосовуються на поверхні та під землею за нормального атмосферного тиску з невеличкими його відхиленнями від середнього рівня (звичайно діапазон приймають 70–125 кПа). Висотні застосовують в основному в авіації (мінімальний тиск, якщо для дихання подається кисень без домішок, становить 7 кПа). Підводні дихальні апарати застосовують для водолазних робіт. Максимальна глибина занурення під воду, за умови дихання

спеціальними киснево-гелієвими сумішами, на сьогодні перевищує 300 м.

Загальний принцип – захист органів дихання від проникнення в них отруйних продуктів горіння. Ізолюючі дихальні апарати ізолюють органи дихання людини від навколишнього середовища і забезпечують дихання чистим повітрям або повітряно-кисневою сумішшю із самого апарата. В результаті цього дихання за допомогою ізолюючих ЗІЗОД є універсальним і не залежить від газового складу навколишнього середовища.

На відміну від ізолюючих ЗІЗОД, людина, що включилась у фільтрувальний дихальний апарат, дихає навколишнім повітрям, яке очищається в патроні фільтрувального апарата від шкідливого газу, групи газів або аерозолів. Застосовувані за методом фільтрації апарати називаються “респіраторами”. Вони фільтрують вдихуване повітря від радіоактивних і отруйних речовин, пилу, бактеріальних засобів. Принцип дії фільтрувальних протигазів полягає в тому, що забруднене домішками повітря проходить через фільтр, в якому очищається від домішок, і в очищеному виді надходить в органи дихання людини.

Метод ізоляції застосовується для захисту від шкідливої дії продуктів горіння, склад яких заздалегідь не відомий. Сутність методу ізоляції полягає в тому, що дихальні органи людини цілком ізолюються від навколишнього середовища. Ізолюючі апарати можуть бути як автономними, так і неавтономними (шлангові).

Автономні дихальні апарати забезпечують подачу дихальної суміші з власного, індивідуального джерела повітропостачання, знаходяться при людині і дозволяють їй переміщатися в будь-якому напрямку на необхідну для рятувальних операцій відстань.

У шлангових дихальних апаратах подача повітря, придатного для дихання, здійснюється ззовні робочої зони по шлангу невеличкої довжини, що обмежує рухливість. Шлангові апарати поділяються на самоусмоктувальні, в яких чисте повітря всмоктується за рахунок легень людини, із примусовою подачею повітря за допомогою повітродувки та з

подачею стиснутого повітря від компресора. Переваги всіх цих апаратів – простота конструкції і невелика маса спорядження, що надівається на людину. Найбільш простий із них – шланговий самоусмоктувальний протигаз, що має маску та приєднаний до неї шланг, другий кінець якого знаходиться на свіжому повітрі. Вони можуть захищати органи дихання людини як в атмосфері, що містить шкідливі гази у великих концентраціях, так і в атмосфері, в якій недостатньо кисню. Шлангові протигazi є найбільш зручними для здійснення тривалих робіт на невеликій відстані від свіжого повітря. Час дії цих апаратів захисту не обмежений. На сьогодні шлангові протигazi цілком витіснені резервуарними та регенеративними апаратами захисту. В регенеративних апаратах атмосфера для дихання створюється за рахунок регенерації видихуваного повітря шляхом поглинання з нього вуглекислого газу і додавання кисню з наявного в апараті запасу, після чого регенероване повітря поступає на вдих. Таку схему дихання називають “закритою”.

Принцип роботи регенеративного дихального апарата:

- замкнута ізольована система (закрита система дихання);
- очищення повітря, яке видихнув газодимозахисник, від вуглекислого газу;
- перемішування очищеного повітря з киснем, що додатково надійшов.

Важливим різновидом регенеративних дихальних апаратів є ізолюючі апарати на хімічно зв’язаному кисню. Їх особливістю є те, що процес очищення від вуглекислого газу відбувається за рахунок відповідної хімічної реакції одночасно з виділенням достатньої кількості кисню. Тобто принцип роботи апаратів на хімічно зв’язаному кисню:

- замкнута схема дихання;
- додавання достатньої для відновлення газоповітряної суміші кількості кисню, яка з’явилась у результаті хімічної реакції поглинання вуглекислого газу, який видихнув газодимозахисник.

В резервуарних апаратах весь необхідний для вдиху запас повітря зберігається у стисненому (це так звані апарати на стисненому повітрі) або рідкому стані, а видих здійснюється в атмосферу. Така схема дихання називається “відкритою”. Ця принципова відмінність від регенеративних ЗІЗОД веде до того, що запас газу для дихання в резервуарних апаратах має бути більше, ніж запас кисню в регенеративних, у 20–25 разів.

Під час роботи повітря для дихання (на вдих) подається за допомогою легеневого автомата, а видих витраченого повітря здійснюється в навколишнє середовище. При цьому виключена ймовірність перемішування видихуваного повітря з вдихуваним або повторне його використання, як це відбувається в апаратах із замкнутою схемою дихання.

Таким чином, принцип роботи резервуарних дихальних апаратів:

- відкрита схема дихання;
- легенево-автоматична подача повітря на вдих.

Важливим показником автономних апаратів є питомий час захисної дії, який являє собою час захисної дії, що припадає на 1 кг маси апарата. Для резервуарних дихальних апаратів він становить 4–6 хв./кг, тоді як для регенеративних – 18–24 хв./кг.

Окремо необхідно відмітити, що серед резервуарних апаратів також існують так звані комбіновані апарати (наприклад, ШАП-62, АВМ-3, АУЕР ВD96 mini), в яких повітря подається залежно від місця оперативної роботи спочатку по шлангах (як у шлангових апаратах), а потім (або у випадку розриву шлангу) – з балона.

Провівши аналіз існуючих ЗІЗОД та вимог нормативних документів [41] в якості саморятівників пропонується використовувати автономні ЗІЗОД, а саме саморятівники зі стиснутим повітрям або саморятівники з хімічно-зв’язаним киснем.

3.1 Дослідження автономних саморятівників на стисненому повітрі

Резервуарні дихальні апарати [41, 42] мають досить просту будову (рис. 3.1), основу якої становить повітряпостачальна система.

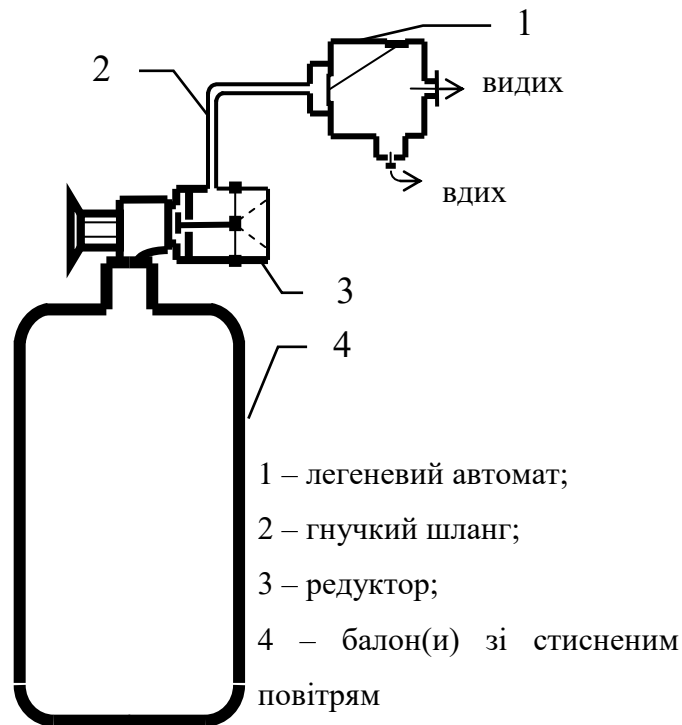


Рисунок 3.1 – Принципова схема автономного саморятівника на стисненому повітрі

Апарат працює наступним чином: при вдиху в камері легеневого автомата створюється незначне розрідження, під дією якого прогинається мембрана. Остання тисне на клапан, який відкриває отвір для потрапляння повітря з камери редуктора. Повітропостачальна система в резервуарних апаратах забезпечує пульсуючу подачу повітря залежно від частоти дихання та величини розрідження на вдиху.

Дихання в резервуарних апаратах здійснюється за такою схемою: стиснуте повітря надходить у легені людини через загубник легеневого автомата, а видих відбувається безпосередньо в атмосферу.

Апарати цього виду, що випускаються, розрізняються між собою лише

зовнішнім оформленням і конструктивними особливостями окремих вузлів. Основними частинами резервуарних апаратів є балони стисненого повітря, дихальний (легеневий) автомат, редуктор, прилади контролю за витратою повітря, каркас для кріплення і монтажу частин апарата. За числом балонів резервуарні апарати поділяються на одно-, дво- та трибалонні. Балони апаратів служать резервуарами для стисненого повітря, яке використовується для дихання. В апаратах застосовуються малолітражні балони ємністю 1–12 літрів із робочим тиском 15–30 МПа (150–300 бар).

Використання під час реалізації принципу роботи положення “Відкрита схема дихання” зумовлює можливість використання відомого у фізиці закону Бойля–Маріотта (3.1), який встановлює залежність тиску повітря від його об’єму. Враховуючи те, що весь запас повітря Q в балонах АСП витікає в атмосферу в процесі дихання, для випадку, який розглядається, закон Бойля–Маріотта має вид:

$$P_6 \cdot V_6 = Q \cdot P_a, \quad (3.1)$$

де P_6 – тиск повітря в балоні (балонах) АСП, МПа;

V_6 – об’єм балона (балонів) АСП, л;

$P_a \approx 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферний тиск.

В той же час кількість повітря Q , що циркулює в легенях за одиницю часу t , визначає легеневу вентиляцію:

$$\omega_{\text{л}} = \frac{Q}{t}. \quad [\text{л/хв}] \quad (3.2)$$

Зрозуміло, що витрати повітря суттєво різняться тоді, коли людина відпочиває, коли вона просто рухається або рухається з вантажем. У зв’язку з цим для орієнтовної оцінки конкретних експлуатаційних характеристик

ізолюючих апаратів Система стандартів з безпеки праці рекомендує враховувати відповідні показники легеневої вентиляції. Проте для забезпечення єдиного підходу в чинних керівних документах, а серед них і в Настанові з ГДЗС, рекомендується для оцінки прогнозних часових показників, які характеризують роботу в апаратах на стисненому повітрі в непридатному для дихання середовищі, розглядати роботу середнього ступеня важкості ($\omega_{\text{л}}=30$ л/хв.). Проте в Західній Європі та Сполучених Штатах Америки, як правило, приймається $\omega_{\text{л}}=40$ л/хв., оскільки там вважають, що під час роботи в апаратах на стисненому повітрі відбувається природне чергування важкої роботи (згідно із Системою стандартів з безпеки праці $\omega_{\text{л}}=60$ л/хв.), враховуючи вагу апаратів та завдання, які постають перед газодимозахисниками під час роботи в непридатному для дихання середовищі, та відпочинку (у спокої $\omega_{\text{л}}=12-20$ л/хв.).

Таким чином, для АСП з конкретними технічними характеристиками (об'ємом балонів $V_{\text{б}}$ та тиском повітря $P_{\text{б}}$ в них) можна визначити *час захисної дії*:

$$t_3 = \frac{V_{\text{б}} \cdot P_{\text{б}}}{P_{\text{а}} \cdot \omega_{\text{л}}}. \quad (3.3)$$

Однак необхідно відмітити, що це розрахункова характеристика, яка на практиці може досить сильно відрізнятись від реальної.

Зрозуміло, що аналогічний підхід використовується і для визначення технічних характеристик апаратів, наприклад об'єму балонів:

$$V_{\text{б}} = \frac{t_3 \cdot \omega_{\text{л}} \cdot P_{\text{а}}}{P_{\text{б}}}. \quad (3.4)$$

При цьому розрахунковий об'єм балонів фактично визначає тип того апарата, який доцільно використовувати. Так, якщо вимагається забезпечити час захисної дії 90 хвилин (наприклад, для захисту спеціальних об'єктів), то,

враховуючи сучасний рівень техніки, за яким у повітряних балонах можна забезпечити розміщення повітря під тиском в 30,0 МПа, і рекомендований для оцінки вітчизняних апаратів рівень легеневої вентиляції ($\omega_l=30$ л/хв.), об'єм балонів повинен бути:

$$V_6 \geq \frac{90 \cdot 30 \cdot 0,1}{30} = 9 \text{ л.} \quad (3.5)$$

Аналіз апаратів, які виробляються в Україні і пропонуються закордонними виробниками, показує, що в цьому випадку доцільно обрати АВІМ, в якому на одній рамі розміщено систему з двох балонів по чотири з половиною літри.

Аналогічно здійснюється оцінка робочого тиску повітря в балонах:

$$P_6 = \frac{t_3 \cdot \omega_l \cdot P_a}{V_6}. \quad (3.6)$$

Але більш важливою та цікавою характеристикою, яка застосовується у практичній роботі підрозділів ГДЗС, є швидкість падіння тиску. Так, для АСВ-2 з об'ємом балонів у шість літрів:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot P_a}{\Delta t \cdot V_6} &= \left| \text{АСП 2: } \begin{array}{l} V_6 = 6 \text{ л} \\ \omega_l = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 30 \text{ л/хв} \end{array} \right| = \\ &= \frac{30 \cdot 0,1}{6} = 0,5 \frac{\text{МПа}}{\text{хв.}} \end{aligned} \quad (3.7)$$

До речі, такий показник було рекомендовано і в тій Настанові з ГДЗС, що передувала чинній. Крім того, якщо розглядати АСП „Драгер” з об'ємом балонів у 8 літрів, то, враховуючи, що легенева вентиляція у Західній Європі визначено у розмірі 40 л/хв., також можна використовувати швидкість

падіння тиску 5 бар/хв.

Легенево-автоматична подача повітря (друге положення принципу дії, яке реалізується) означає подачу повітря тільки на вдих. В той же час подати повітря з балона, в якому воно перебуває під тиском 20–30 МПа, безпосередньо до органів дихання не можна. Аналіз того, як повітря під тиском впливає при диханні на людину, результати якого наведено в Системі стандартів з безпеки праці (див. рис. 3.7), показує, що між балоном і легеневим автоматом необхідно розмістити редуктор, тиск у камері якого, як правило, перебуває в діапазоні 0,4–0,8 МПа.

Без редуктора апарати А. Лекура, А.І. Лодигіна та А. Хотинського мали час захисної дії всього кілька хвилин. Через це винахідником АСП вважається Ж. Кусто, який першим розмістив редуктор між повітряним балоном і легеневим автоматом, хоча на той час повністю ідентичне технічне рішення (вся різниця полягає в тому, що балон був кисневим) існувало і використовувалось у регенеративних дихальних апаратах.

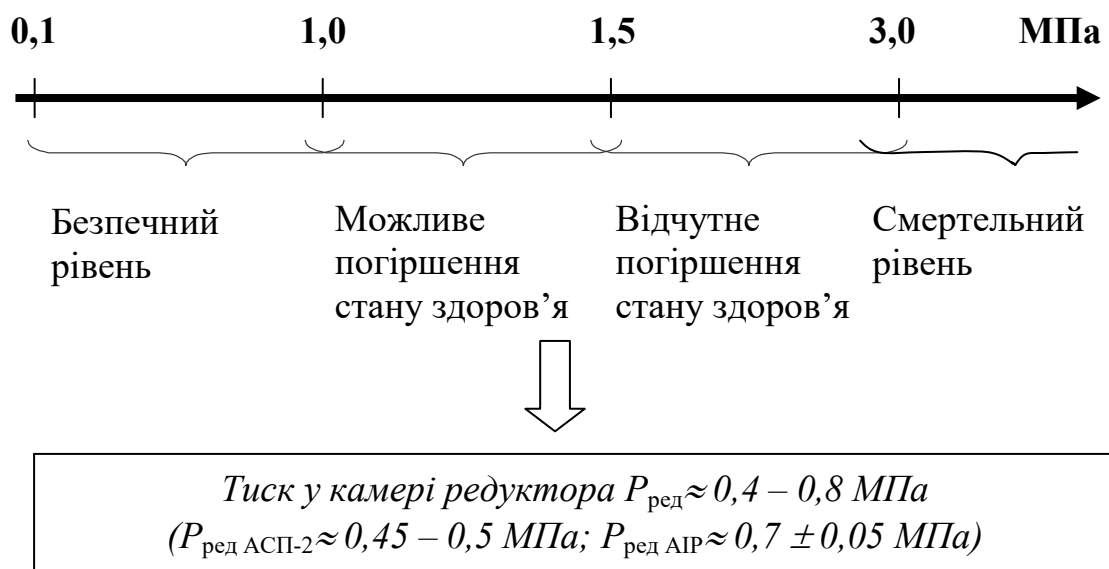


Рисунок 3.2– Вплив стисненого повітря на легені людини

Якою ж основна вимога до інших вузлів повітроподавальної системи, основу якої складають клапанні пари постійного та перемінного перерізу? В першу чергу наступна – в найгіршому випадку через клапанні пари повинна

проходити така кількість повітря, щоб забезпечити максимально можливу легеневу вентиляцію. Оскільки легеневу вентиляцію можна розглядати (1.9) як результат множення частоти дихання на дихальний об'єм, то

$$\omega_{л\ max} = f_{\max} \cdot V_{д\ max}, \quad (3.8)$$

де f_{\max} – максимальна частота дихання, $хв^{-1}$;

$V_{д\ max}$ – максимальний дихальний об'єм, л.

При цьому, з одного боку, відомо, що загальна ємність легень V_{Σ} складається із суми резервного об'єму вдиху $V_{рез\ вд}$, дихального об'єму $V_{д}$, резервного об'єму видиху $V_{рез\ вид}$ та залишкового об'єму $V_{залиш}$ (кількість повітря, що залишається в легенях після максимального видиху):

$$V_{\Sigma} = V_{рез\ вд} + V_{д} + V_{рез\ вид} + V_{залиш}. \quad (3.9)$$

Ця сума коливається в діапазоні 4,5–6 л. В той же час навіть після максимального видиху в легенях залишається 1–1,5 л. Тобто максимальний дихальний об'єм буде приблизно дорівнювати 5 літрам.

З іншого боку, ССБП рекомендує вважати для найгірших умов роботи (виконання дуже важкої роботи) частоту дихання такою, що дорівнює 30 дихальним циклам у хвилину. Тобто видно, що клапанні пари АСП повинні забезпечити проходження через них 150 літрів повітря за хвилину.

Підтвердженням отриманого показника є і результати досліджень, які виконувались у Національному університеті цивільного захисту України. Так, під час пожежно-тактичних навчань на станції метро «Площа Конституції» в м. Харкові при підйомі потерпілого по нерухомому ескалатору в кількох курсантів легенева вентиляція була більше 120 л/хв.

Пульсуюча подача повітря на вдих називається легенево-автоматичною

через те, що її забезпечує легеневий автомат. Умовою спрацювання легеневого автомата є досягнення заданого рівня дихального зусилля в камері легеневого автомата. При цьому необхідно звернути увагу на те, що дихальне зусилля може виникнути не тільки тоді, коли в камері л/а має місце нульовий, але й тоді, коли тиск є негативним (активний видих) або позитивним (такий випадок має місце при використанні легеневих автоматів зі збитковим тиском у підмасковому просторі). Тобто дихальне зусилля характеризується створюваним перепадом тиску, а не тільки розрідженням.

Внаслідок цього при другій перевірці сучасних легеневих автоматів, які забезпечують збитковий тиск у підмасковому просторі (наприклад, основний легеневий автомат АВІМ), не використовується реометр-манометр у тому вигляді, як це робиться під час перевірки звичайних легеневих автоматів. Застосовується спеціальне обладнання – так званий *Fantom*.

Для характеристики дихального зусилля в першу чергу використовують показники, що оцінюють чутливість системи та затримку часу (рис. 3.3).

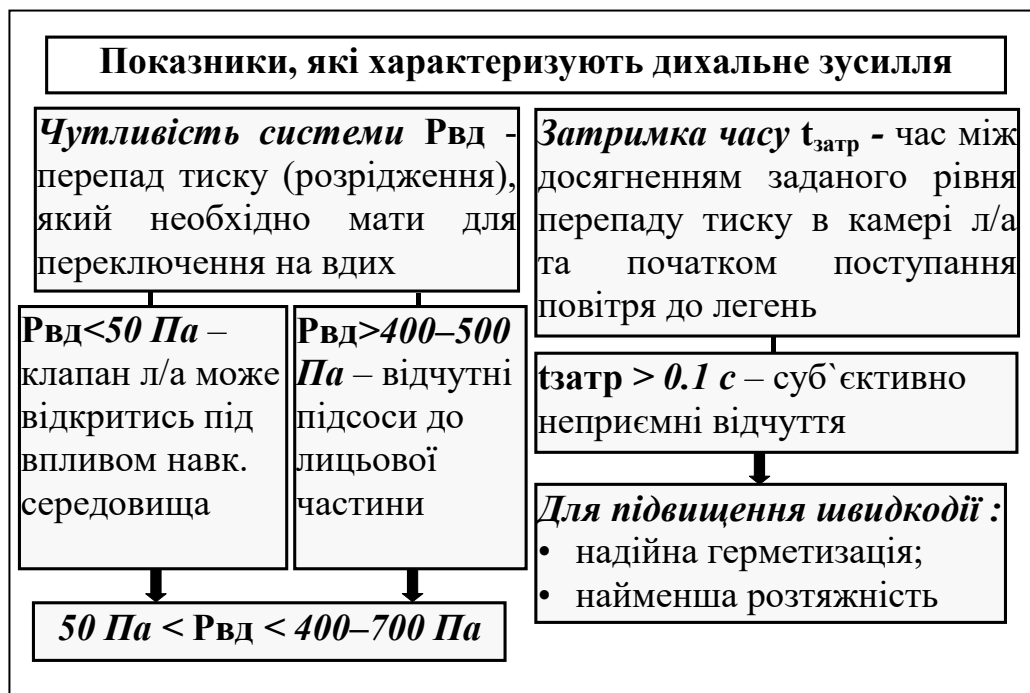


Рисунок 3.3 – Основні показники, які характеризують дихальне зусилля

Чутливість системи – це перепад тиску (розрідження), який необхідно мати для переключення на вдих. При цьому потрібно мати на увазі, що, з одного боку, якщо розрідження буде менше 50 Па (5 мм водяного стовпчика), то клапан вдиху легеневого автомата може відкритись під впливом навколишнього середовища (наприклад, від коливань апарата або відкривання дверей у приміщенні). З іншого боку, якщо перепад тиску більше 400 Па, то це викликає відчутні підсоси до лицевої частини. Все це і зумовлює ті показники, які контролюються при перевірці № 2, коли перевіряється легеневий автомат у зборі з лицевою частиною.

Інша характеристика – затримка часу, яка дорівнює часу між досягненням заданого рівня перепаду тиску в камері легеневого автомата та початком потрапляння повітря до легень. Дослідження, що проводились під час створення апаратів для штучного дихання, показали, що якщо затримка часу буде більше 0,1 с, то людина почуває себе неприємно. Тобто необхідно підвищити швидкодію легеневого автомата. Для цього, в першу чергу, потрібно забезпечити надійну герметизацію корпусу легеневого автомата, а також найменшу розтяжність. Остання вимога викликає необхідність збільшення діаметра мембрани, що відразу впливає на її розміри та вагу.

Таким чином, можна в цілому відмітити, що використання відкритої схеми дихання впливає на технічні характеристики, які здебільшого пов'язані з балонами АСП (об'єм, робочий тиск, час роботи). В той же час принцип легенево-автоматичної подачі впливає на характеристики як самого легеневого автомата, так і редуктора.

Принцип дії резервуарних дихальних апаратів зумовлює їх недоліки та переваги. Так, дану групу апаратів відрізняють наступні переваги:

- високий ступінь надійності;
- простота конструкції;
- низька температура вдихуваного повітря;
- незначний опір на вході;
- при використанні цих апаратів відсутня небезпека кисневого

голодування через заазотування системи апарата, як це відбувається в апаратах із замкнутою схемою дихання, й отруєння вуглекислим газом;

- у даних апаратах можлива робота в середовищах, що містять легкозаймисті і вибухові речовини, тому що відсутній небезпечний для мастил та інших речовин чистий кисень;

- газова суміш, яка використовується для дихання, має невисокий вміст кисню (21 %) і вологи. Внаслідок цього не потрібен спеціальний добір особового складу для роботи в таких апаратах, а також проходження ним спеціального курсу підготовки і тренування.

Основними недоліками резервуарних апаратів є:

- малий термін захисної дії, викликаний неекономною витратою повітря;

- значна вага і габарити;

- відносна складність зарядки повітряних балонів.

Резервуарні апарати з терміном дії близько однієї години недостатньо придатні через велику вагу і громіздкість. При роботі в таких апаратах, наприклад, дуже важко виконувати вправи, які носять прикладний характер. Такі, наприклад, коли одному бійцю необхідно перенести людину вагою 75 кг, особливо коли до заданого маршруту входять сходження по сходах і пересування у приміщеннях з недостатньою видимістю.

Апарати з повітряними балонами меншого об'єму є більш зручними у користуванні, але термін їх захисної дії не завжди може бути достатнім. Це потребує чітко налагодженої роботи із заміни балонів (апаратів) на місці пожежі і контролю часу роботи кожного бійця.

В роботі був проведений аналіз саморятівників зі стисненим повітрям, які відповідають нормативним документам України [42].

Апарат ELSA 10B (15B) (рис. 3.4.) компанії SCOTT SAFETY являє собою автономний дихальний апарат для евакуації з постійним потоком повітря і відкритим контуром, що працює від стисненого повітря.

До складу ELSA входить балон зі стисненим повітрям, редуктор, рятувальний шолом з дихальним шлангом і сумка для зберігання. ELSA 10B оснащений дволітровим (тривалість роботи 10 хвилин) сталевим балоном, а ELSA 15B - трьохлітровим (тривалість роботи 15 хвилин) сталевим балоном. Постійний витрата складає 38 літрів в хвилину.



Рисунок 3.4 – Саморятівник ELSA 10B (15B)

За умови регулярного технічного обслуговування апарату у відповідності з вимогами з техобслуговування, докладно викладених у керівництві з технічного обслуговування апарату ELSA, цей апарат не має обмежень щодо граничного терміну придатності при зберіганні. Апарат ELSA слід зберігати у місцях, де відсутні прямі джерела тепла і сонячного світла, і експлуатувати при температурі від 15 С до +60 С.

Dräger Saver PP (рис. 3.5.) – саморятівник зі стисненим повітрям призначений для евакуації з небезпечного середовища. Він оснащений вбудованою маскою і може використовуватися разом з іншими засобами захисту.

Dräger Saver PP випускається у м'якій сумці або твердому кейсі. Його можна закріпити на стіні у стратегічно важливих місцях чи потенційно небезпечних зонах. Чорні антистатичні футляри та яскраві помаранчеві

сумки містять фотолюмінесцентні вставки та світловідбивні смуги, тому чудово помітні навіть в умовах слабкого освітлення. Легкий та компактний Saver PP можна носити на грудях чи через плече. Забезпечує захист користувача в широкому діапазоні робочих температур від -30 до +60 °С. Може бути оснащеним дволітровим (тривалість роботи 10 хвилин) балоном, або трьохлітровим (тривалість роботи 15 хвилин) балоном



Рисунок 3.5 – Саморятівник Dräger Saver PP

Dräger Saver CF15 (рис. 3.6.) – ізолюючий саморятівник із стисненим повітрям капюшонного типу для безпечної та ефективної евакуації в аварійних ситуаціях. У Dräger Saver CF15 використовується редуктор, що забезпечує стабільну швидкість потоку повітря до повного випорожнення балона. Перед припиненням подачі повітря лунає звуковий сигнал. Апарат оснащується балоном для подачі повітря протягом 15 хвилин. Капюшон з термостійкого матеріалу має великий візор для максимально широкого поля огляду. Саморятувальник розрахований на багаторазове застосування. Редуктор обладнаний заправним штуцером, що дозволяє заправляти балон стисненим повітрям за допомогою компресора з робочим тиском 200 або 300 бар.



Рисунок 3.6 – Саморятівник Dräger Saver CF15

MSA AUERS-Cap-Air (рис. 3.7.) – ізолюючий саморятівник на стисненому повітрі постійного потоку і призначений для евакуації з небезпечних зон, в яких може статися викид токсичних речовин або виникнути дефіцит кисню.



Рисунок 3.7– Саморятівник MSA AUERS-Cap-Air

Дуже простий у використанні – достатньо відкрити сумку, одягнути капюшон та евакуюватися. Випускаються моделі зі сталевим або металокомпозитним 3-літровим балоном стисненого повітря 200 бар, з часом захисної дії до 15 хв.

3.2 Дослідження автономних саморятівників на хімічно зв'язаному кисні

В автономних саморятівниках на хімічно зв'язаному кисню (рис. 3.8) останній міститься у гранульованому продукті на базі супероксидів лужних металів і виділяється під час реакції поглинання продуктів вуглекислого газу і водяних парів, які мають місце у видихуваному повітрі [41, 43].

Зазначеним продуктом, що містить кисень, споряджається регенеративний патрон, при проходженні через який видихуване повітря цілком регенерується. Процес регенерації включає дві фази: поглинання вуглекислого газу (і вологи) з одночасним додаванням кисню, що виділився. В регенеративному патроні відбувається екзотермічна реакція, у результаті якої продукт при важкому фізичному навантаженні розігрівається до 400°C . Внаслідок того, що виділення кисню продуктом є пропорційним поглинанню ним вуглекислого газу, апарат забезпечує ощадливу витрату наявного запасу кисню.

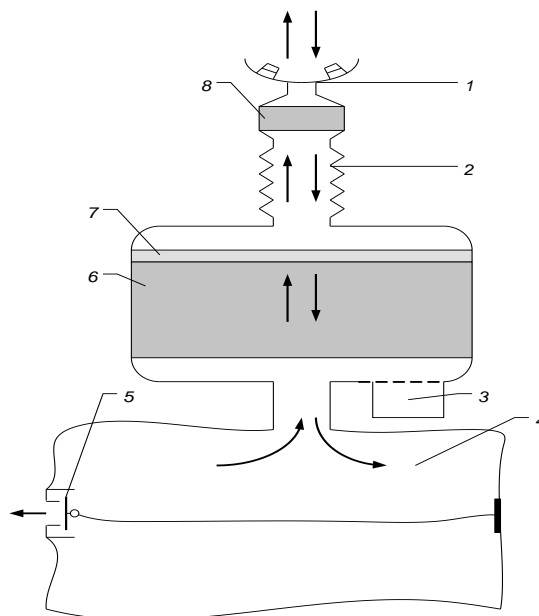


Рисунок 3.8 – Схема РДА на хімічно зв'язаному кисню: 1 – лицева частина; 2 – дихальний шланг; 3 – пусковий пристрій; 4 – дихальний мішок; 5 – збитковий клапан; 6 – регенеративний патрон; 7 – фільтр; 8 – тепловологообмінник

Киснепостачальна система відсутня. Замість неї в більшості апаратів є пусковий пристрій для подачі до повітропровідної системи невеликої порції додаткового кисню, коли продукт не розігрівся, і кисневиділення відбувається недостатньо активно.

Позитивні риси:

- простота конструкції;
- мала вага;
- ощадлива витрата кисню.

Недоліки:

- відсутність надійної конструкції індикатора ступеня відпрацьованості продукту, що містить кисень (фактичний час захисної дії встановлюють на 20 відсотків вище гарантованого);
- неможливість здійснення тривалих перерв під час роботи;
- великий опір диханню;
- висока вартість експлуатації.

Визначення придатності препарату, що містить хімічно зв'язаний кисень, для використання в ізолюючих апаратах базується на ряді показників, основним з яких є коефіцієнт регенерації:

$$K_p = \frac{V_{O_2}}{V_{CO_2}}, \quad (3.10)$$

де V_{O_2} – об'єм кисню, що виділяє препарат, внаслідок реакції поглинання вуглекислого газу;

V_{CO_2} – об'єм поглиненого препаратом вуглекислого газу.

Коефіцієнт регенерації K_p показує можливість препарату з виділення кисню під час поглинання визначеної кількості вуглекислого газу. При цьому, оскільки дихальний коефіцієнт $K_{\text{дих}}$ (співвідношення між об'ємами виділеного під час дихання вуглекислого газу та поглиненого людиною

кисню) за різних навантажень не є постійним, для забезпечення процесу легеневої вентиляції необхідно, щоб коефіцієнт K_p регенерації розраховувався за мінімальною величиною дихального коефіцієнта $K_{\text{дих}}$, яка в середньому дорівнює 80%. Таким чином, для забезпечення нормального газообміну можна використовувати тільки такі препарати, що регенерують повітря, які здатні при поглинанні 0,8 моля вуглекислого газу виділяти не менше 1 моля кисню. Тобто коефіцієнт регенерації препарату, що містить хімічно зв'язаний кисень, повинен бути:

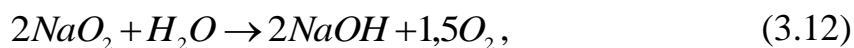
$$K_p > \frac{1}{0,8} = 1,25. \quad (3.11)$$

До таких препаратів відносяться надперекиси лужних металів, які мають $K_p = 1,5$. До речі, як було відмічено у першому розділі, $K_{\text{дих min}} \approx 0,7$, але і в цьому випадку $K_p \approx 1,43 < 1,5$.

Найбільш поширеними в якості препаратів, що містять хімічно зв'язаний кисень, стали надперекиси калію та натрію, які, окрім високого коефіцієнта регенерації, мають також інші необхідні для практичного застосування фізико-хімічні, експлуатаційні та економічні показники. Термін “надперекиси” введено до наукової номенклатури у 1948 році. Він вказує на наявність іон-радикалу. На відміну від відповідних перекисів, які не мають неспарених електронів, надперекиси мають непарну кількість електронів, що підтверджує їх радикальну структуру.

Надперекиси лужних металів активно взаємодіють із вологою та вуглекислим газом повітря. При цьому створюються луки та відповідні карбонати. Вони легко окислюють органічні речовини, можуть викликати їх запалювання та бурхливе горіння. Усі надперекисні (перекисні) сполучення характеризуються наявністю так званого “активного” кисню, який може виділятися в молекулярному виді під час реакції взаємодії надперекису з

водою або вуглекислим газом. Наприклад:



$$O_{2(\text{акт})} = \frac{1,5 \cdot 32 \cdot 100}{2 \cdot 55} = 43,6\%, \quad (3.13)$$

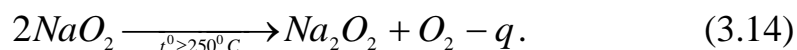
де 1,5 – кількість молів кисню, який виділяється при реакції (3.12);

32 – молекулярна вага кисню;

2 – кількість молів надперекису, що бере участь у реакції;

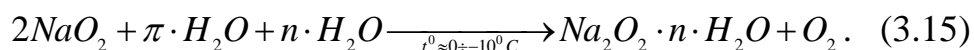
55 – молекулярна вага надперекису.

Технічний надперекис натрію (новооксид) являє собою порошок жовтуватого кольору, який містить до 90% чистого надперекису натрію. При зберіганні в герметично закритій тарі він стійкий до 65⁰С. Помітний термічний розпад надперекису починається при 100–120⁰С і повністю відбувається при 250⁰ С з утворенням перекису натрію та виділенням надперекисного кисню:

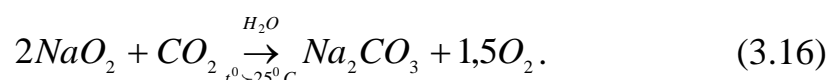


У свою чергу, розпад перекису натрію протікає за температури вище 400⁰С і за температури 540⁰ С повністю закінчується з утворенням окису натрію. При взаємодії з водою при 15–20⁰ С надперекис натрію повністю виділяє свій “активний” кисень. Теплота реакції становить 15,9±0,7 ккал/моль.

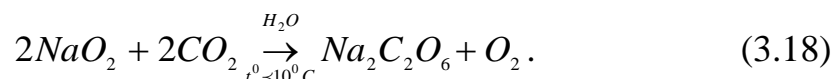
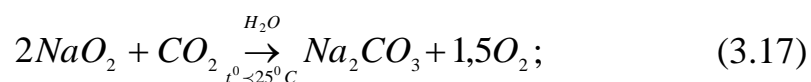
Взаємодія з водяною парою за кімнатної температури також супроводжується виділенням усього “активного” кисню та утворенням моногідрату гідроокису натрію. За низьких температур (0 – -10⁰С) взаємодія з парою води відбувається з виділенням надперекисного кисню та утворенням кристалогідратів перекису натрію:



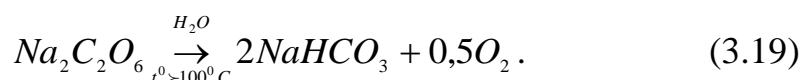
Взаємодія надперекису натрію із сухим вуглекислим газом не спостерігається до 100⁰С. Наявність водяної пари вже при 25⁰С приводить до утворення вуглекислого натрію та виділенню всього “активного” кисню:



За температури нижче 10⁰С надперекис натрію реагує з вуглекислим газом тільки за наявності пари води з виділенням надперекисного кисню та утворенням пероксидікарбонату натрію



Але при подальшому нагріванні регенеративного продукту вище 100⁰С пероксидікарбонат натрію за наявності вологи розкладається з виділенням перекисного кисню:



Надперекис натрію погано пресується у великі, міцні блоки або гранули. Для усунення цього недоліку до складу регенеративного препарату додають гідрат окису кальцію.

Реальний препарат (табл. 3.1), яким комплектують регенеративні патрони апаратів на хімічно зв'язаному кисні, виготовляють шляхом

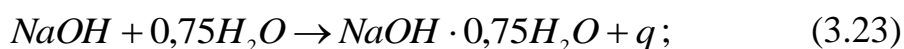
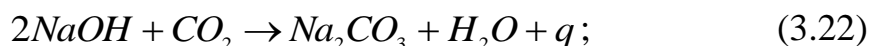
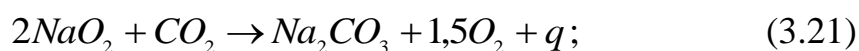
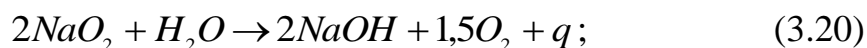
змішування 85 % технічного надперекису натрію та 15 % гідроокису кальцію. Ця суміш пресується, а отримані куски роздрібнюються та розсіваються на фракції. Приблизний склад наведено у табл. 3.1.

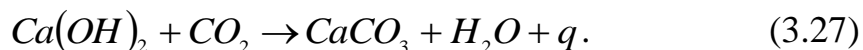
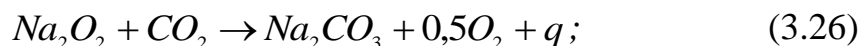
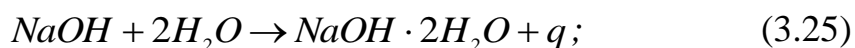
Гідроокис кальцію, який введено до препарату, покращує також і хемосорбційні властивості препарату до вуглекислого газу, особливо за понижених температур. Крім того, введення гідроокису кальцію зменшує процес розпливання гранул під впливом вологи та їх спікання і утворення конгломератів за високої температури.

Таблиця 3.1 – Приблизний склад регенеративного препарату

Найменування продуктів	Хімічна формула	Склад, %
Надперекис натрію	NaO ₂	70,6
Перекис натрію	Na ₂ O ₂	11,0
Гідроокис натрію	NaOH	3,0
Карбонат натрію	Na ₂ CO ₃	0,4
Гідроокис кальцію	Ca(OH) ₂	15,0

Основні реакції, що відбуваються у процесі роботи реального препарату в ізолюючому апараті на хімічно зв'язаному кисні, мають вид:



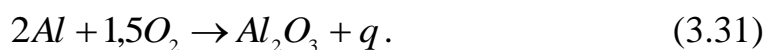
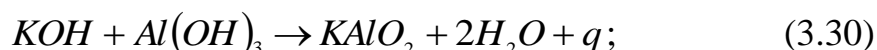
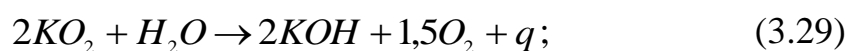
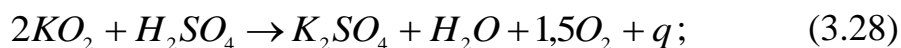


Ці реакції протікають з досить високою швидкістю, коли температура середовища вище 20 °С. За температури нижче 20 °С вони відбуваються повільно. Особливо це помітно, враховуючи екзотермічний характер реакцій (3.20–3.27) в початковий (пусковий) період. (До речі, перед закінченням часу захисної дії робота надперекисних сполучень лужних металів також не повністю підпадає під наведені рівняння).

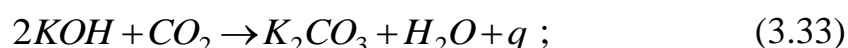
В пусковий період у холодному продукті на базі надперекису відбувається утворення бікарбонату лужного металу, що призводить до зменшення коефіцієнта регенерації. Тривалість роботи продукту в такому режимі тим більше, чим нижче температура навколишнього середовища та менше величина дихального навантаження.

Через це для усунення небезпеки, пов'язаної з недостатчею кисню в повітрі, яке поступає для дихання газодимозахиснику на початковому етапі роботи регенеративного дихального апарата, необхідно заповнити дихальний мішок киснем від стороннього джерела. Кажучи взагалі, за нормальної температури навколишнього середовища регенеративний патрон з надперекисом лужного металу можливо “роздихати” і без пускового пристрою, але це вимагає від газодимозахисника спеціальних навичок. Тому до складу регенеративного патрона входить спеціальний пусковий пристрій. Його головне призначення – забезпечити розігрів регенеративного препарату під час запуску подачі кисню. В ньому кисень виділяється в результаті хімічної реакції розкладу активної маси. Тепло та волога, які виділяються при цій реакції, сприяють нагріву продукту, який містить хімічно зв'язаний кисень, і, відповідно, активізації його роботи.

Для прикладу розглянемо роботу пускового пристрою ізольованих протигазів на хімічно зв'язаному кисні, які застосовуються у збройних силах. В них виділення кисню з пускового брикета відбувається протягом однієї хвилини за кімнатної температури та 80 секунд – за температури – 30 °С. Запуск пускового брикету здійснюється 38 %-ним водним розчином сірчаної кислоти, який не замерзає до температури – 50 °С. Основою пускового пристрою служить пусковий брикет, який містить 61% надперекиси калію, 36 % гідрату окису алюмінію та 3 % алюмінієвої пудри. Основні реакції, які відбуваються в пусковому брикеті, мають наступний вид:



Поряд з наведеними складами регенеративних препаратів та пускових брикетів можуть використовуватись й інші. Так, наприклад, основні реакції, які відбуваються на борту космічних кораблів, з метою регенерації повітря в кабіні, мають вид:



Здебільшого надперекиси калію використовуються і в конструкціях

шахтних саморятівників. Таким чином видно, що, оскільки тільки надперекиси лужних металів мають властивості, які в основному задовольняють вимогам до вмісту “активного” кисню, головні зусилля направлені на створення рецептур на їх основі. Вдосконалення регенеруючих препаратів на сучасному етапі проводиться, головним чином, в напрямках відшукування препаратів, які мають підвищену термостабільність, зменшену вологоємність, підвищену пористість і стійкість до спікання та ін.

Оскільки продукт, який містить хімічно зв'язаний кисень, дуже активно поглинає вологу та вуглекислий газ із навколишнього повітря, спорядження ним регенеративних патронів відбувається тільки в заводських умовах. Патрони з надперекисами лужних металів – одноразового використання. Після повного або часткового відпрацювання їх знімають з апарата та, у зв'язку з пожежонебезпечністю надперекисів лужних металів, знищують (спалюють або закопують), дотримуючись вимог спеціальної інструкції. У зв'язку з підвищеною пожежонебезпечністю, необхідно дотримуватись певних правил. Так, не допускається попадання у продукт органічних речовин, наприклад, масел.

Регенеративні патрони, які містять хімічно зв'язаний кисень, можуть бути прямоточного типу або з радіальним напрямком руху очищеного повітря. Але конструкція внутрішньої частини їх принципово відрізняється від патронів із вапняним сорбентом. Для виключення спікання надперекисів лужних металів, яке відбувається в результаті їх нагріву та опливання гранул і призводить до суттєвого збільшення опору дихання, безпосередньо в патроні у шарі продукту розміщують металевий теплорозподільник (-ки).

В регенеративних дихальних препаратах на хімічно зв'язаному кисні застосовують як кругову, так і маятникову схему циркуляції повітря. Особливостями маяткової схеми є додаткове поглинання вуглекислого газу під час вторинного проходу повітря через регенеративний патрон та збільшення шкідливого простору повітропровідної системи у міру відпрацювання верхнього шару сорбенту. Ці два фактори мають

різнонаправлений вплив на вміст вуглекислого газу у вдихуваному повітрі: перший сприяє зниженню вмісту CO_2 , а другий – його підвищенню. В результаті експериментальних досліджень винайшли, що якщо маса продукту в регенеративному патроні менше 1 кг, то маятникова схема циркуляції повітря забезпечує менший вміст вуглекислого газу на вдиху в порівнянні з круговою схемою.

Питома сорбційна ємність за вуглекислим газом для всіх типів продуктів на базі надперекисів лужних металів нижче, ніж у вапняних та лужних хемосорбентів. Та співставлення цих величин неправомірно, оскільки використання надперекисів лужних металів забезпечує повну регенерацію видихуваного повітря. Незважаючи на вищу вартість продукту, який містить хімічно зв'язаний кисень, ніж у лужного і, тим більше, вапняного поглиначу CO_2 , наведені апарати в перспективі можуть широко застосовуватися в оперативно-рятувальних підрозділах, особливо при виконанні робіт легких та середньої ваги.

В роботі був проведений аналіз саморятівників з хімічно-зв'язаним киснем, які відповідають нормативним документам України [43].

Саморятівник шахтний ізолюючий ШСС-1П КС (рис. 3.9) – індивідуальний дихальний апарат для евакуації на хімічно зв'язаному кисні із замкнутим контуром дихання. У саморятівника антистатичний корпус, використовується для захисту органів дихання під час евакуації персоналу з атмосфери, непридатної для дихання, що містить дим, небезпечні гази, а також у разі недостатньої кількості кисню протягом 50 хвилин або під час нерухомого очікування на допомогу до 150 хвилин.

У ШСС-1П КС реалізована маятникова схема дихання. Газова дихальна суміш, що видихається, проходить через тепловологообмінник і гофровану трубку в регенеративний картридж. У регенеративному картриджі видихувана суміш очищається від діоксиду вуглецю, збагачується киснем і потім надходить в дихальний мішок. Надлишкова газова суміш видалається з

дихального мішка через надлишковий клапан. Термін зберігання – 7 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -5 до + 50 °С.



Рисунок 3.9 – Саморятівник шахтний ізолюючий ШСС-1П КС

Саморятівник CARBO 60 (рис. 3.10) – індивідуальний дихальний апарат на хімічно зв'язаному кисні із замкненим контуром дихання, призначений для захисту органів дихання під час евакуації персоналу з непридатної для дихання атмосфери, яка містить дим, небезпечні гази, а також у випадку нестачі повітря.

Саморятівник можна носити як на поясному, так і на плечовому ременях. Апарат компактний та ергономічний, забезпечує комфортне дихання під час евакуації. Пусковий пристрій спрацьовує відразу при зриванні кришки, що забезпечує користувачеві можливість почати дихати вже з перших секунд після включення.

Час захисної дії при евакуації – 60 хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 180 хвилин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -5 до + 60 °С.



Рисунок 3.10 – Саморятівник ізолюючий CARBO 60

Саморятівник Сі-30 KS (рис. 3.11) – компактний малогабаритний апарат, який використовується для евакуації маршрутами середньої та малої дистанцій. Призначений для постійного носіння поясного ремня.

Саморятівник містить патрон з хімічно зв'язаним киснем (KO_2), якого достатньо, щоб протягом 30 хвилин вийти з небезпечної зони або чекати в стані спокою протягом 1,5 годин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -5 до $+60$ $^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 3.11 – Саморятівник ізолюючий Сі-30 KS

Саморятівник ROXY 40 (рис. 3.12) – дихальний апарат призначений для евакуації із небезпечної зони з часом захисної дії 40 хв. Апарат

призначений для постійного носіння на поясному ремені або в пунктах перемикання. Призначений для експлуатації при температурі від -5 до $+60$ °C та відносній вологості повітря до 100 %. Термін зберігання – 10 років.



Рисунок 3.12 – Саморятівник ізолюючий ROXY 40

Саморятівник ізолюючий DEZEGA EmSCAPE (рис. 3.13) – захищає органи дихання та зору під час надзвичайних ситуацій. При включенні в саморятівник виділяється кисень, який забезпечує користувача дихальною сумішшю навіть за умови токсичного навколишнього середовища.. Саморятівник дає гарантовану безпеку під час пожежі або інших надзвичайних ситуацій завдяки широкому вогнетривкому візору, вогнезахисному капюшону та еластичному обтюратору, який запобігає потраплянню інших газів всередину саморятівника. Він легкий у використанні, з процесом включення у 4 кроки і відмінно підходить для різних небезпек, від промислових надзвичайних ситуацій до порятунку прикутих до ліжка пацієнтів.

Час захисної дії при евакуації – 15 хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 45 хвилин. Термін зберігання – 8 років, з можливістю подовження ще на 2 роки за умови виконання обов'язкового сервісного обслуговування в авторизованому сервісному центрі DEZEGA. Температурний діапазон експлуатації складає від -5 до $+60$ °C.



Рисунок 3.13 – Саморятівник пожежний ізолюючий DEZEGA EmSCAPE

Ізолюючий саморятівник CARBO 30 (рис.3.14) – підходить для коротких шляхів евакуації і має найменшу вагу серед 30-хв саморятівників DEZEGA. Можна носити як на поясному, так і на плечовому ременях, завдяки чому він забезпечує комфортне дихання під час евакуації. Пусковий пристрій спрацьовує відразу при зриванні кришки, що дозволяє користувачеві почати дихати вже з перших секунд після включення.



Рисунок 3.14 – Ізолюючий саморятівник CARBO 30

Час захисної дії при евакуації – 30 хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 90 хвилин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -5 до + 60 °С.

Кисневі саморятувальники Dräger Оху 3000 та 6000 МКІІ (МКІІІ) (рис.3.15) – забезпечують просте та швидке застосування в екстремальних

умовах. Контрольне віконце Safety Eye забезпечує додатковий рівень безпеки, що дозволяє користувачеві оцінити працездатність пристрою протягом кількох секунд.



Рисунок 3.15 – Кисневі саморятувальники Dräger Oxy 3000 та 6000 МКП (МКШ)

Час захисної дії при евакуації – 30 (60) хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 70 (140) хвилин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від – 20 до + 70 °С.

Саморятівник Dräger Oxy K 30 H (рис. 3.16) – дихальний апарат призначений для евакуації із небезпечної зони з часом захисної дії 30 хв. Апарат призначений для постійного носіння на поясному ремені або в пунктах перемикання. Призначений для експлуатації при температурі від –10 до +50 °С та відносній вологості повітря до 100 %. Термін зберігання – 10 років. В залежності від умов замовника може комплектуватися загубником з носовим затискачем або капюшоном.



Рисунок 3.16 – Саморятівник Dräger Oxy K 30 H

Саморятівник MSA Auer SavOx (рис.3.17) – герметично упакований у корпус із нержавіючої сталі. призначений для носіння на поясі або на плечовому ремені. Потребує мало часу для активації.

Час захисної дії при евакуації – 30 хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 180 хвилин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -10 до + 50 °С.



Рисунок 3.17 – Саморятівник MSA Auer SavOx

MSA Auer SavOxCap 60 (рис. 3.18) – саморятівник з капюшоном, що забезпечує 60 хвилин повітря для дихання під час евакуації, а також захищає очі та голову. Завдяки перевірній технології використання KO_2 він забезпечує запас кисню відповідно до потреб. Одягається швидко і легко. Має добре помітний помаранчевий капюшон, гнучкий козирок і інтегровану напівмаску з діафрагмою для розмов. Навчальний пристрій дозволяє швидко та економічно навчатися надяганню та використанню саморятівника, імітуючи вагу та властивості реального апарата. Забезпечує до 5 годин роботи при повільному диханні.



Рисунок 3.18 – Саморятівник MSA Auer SavOxCap 60

Час захисної дії при евакуації – 60 хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 300 хвилин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -10 до $+50$ °С.

MSA Auer SSR 30/100 (рис.3.19) – ізолюючий саморятівник на хімічно зв'язаному кисні в міцному корпусі невеликих розмірів із нержавіючої сталі. Призначений для носіння на поясе. Потрібно мало часу для активації.



Рисунок 3.19 – Саморятівник MSA Auer SSR 30/100

Час захисної дії при евакуації – 20 хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 100 хвилин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -20 до $+50$ °С.

Саморятівник MSA Auer SSR 90 (К 60) (рис.3.20) – дихальний апарат на хімічно зв'язаному кисні в міцному корпусі із нержавіючої сталі.



Рисунок 3.20 – Саморятівник MSA Auer SSR 90 (К 60)

Час захисної дії при евакуації – 60 хвилин, під час нерухомого очікування на допомогу до 300 хвилин. Термін зберігання – 10 років. Температурний діапазон експлуатації складає від -20 до + 50 °С.

3.3 Рекомендації щодо використання автономних засобів захисту органів дихання, які можливо застосовувати для саморяткування під час пожеж в будівлях, які визначені Правилами пожежної безпеки в Україні

При дослідженні часу евакуації людей з дитячих закладів з цілодобовим режимом роботи, літніх дитячих дач було розглянуто два сценарії. Перший: діти знаходяться в стадії сну, один вихователь на дві групи на кожному поверсі. Відбувається спрацювання СПС та СО, вихователі отримують сигнал про необхідність проведення евакуації. Загальний час евакуації за першим сценарієм становить на 408 с.

Другий сценарій: діти як і за першим сценарієм знаходяться в стадії сну, один вихователь на дві групи на кожному поверсі. Відбувається спрацювання вібраційних пристроїв розміщених під подушками, індивідуальних браслетів дітей від сигналів СПС, діти починають самостійно пробуджуватися. Загальний час евакуації за другим сценарієм становить на 120 с менше від часу за першим сценарієм.

В якості саморятівника з розрахунку на максимальну кількість дітей та окремо для обслуговуючого персоналу пропонується використання ізолюючих саморятівників із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 10 хвилин. Одночасно доцільно рекомендувати навчання їх користуванню та тренування персоналу та дітей не менше 1–2 разів на протязі року (наприклад, під час підготовки або проведення відповідних навчань).

Дослідження часу евакуації людей з культурно-видовищних та дозвіллевих закладів після проведення розрахунку показало, що фактичний час евакуації складає 237,3 с. В якості саморятівника для обслуговуючого персоналу пропонується використання ізолюючих саморятівників із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 10 хвилин. Знання правил користування такими саморятівниками включити до посадових інструкцій персоналу, який може бути задіяним до забезпечення процесу евакуації.

Дослідження часу евакуації людей з лікарень та інших закладів охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих після проведення розрахунку показало, що фактичний час евакуації склав 339,3 с. В якості саморятівника з розрахунку на максимальну кількість хворих (стаціонар) та окремо для обслуговуючого персоналу пропонується використання ізолюючих саморятівників із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 10 хвилин. З урахуванням результатів дослідження щодо евакуації з готелів та готельних комплексів хворих М4 групи мобільності пропонується палати з такими хворими та місця знаходження медичного персоналу, який буде займатись їх евакуацією, оснастити ізолюючими саморятівниками на хімічно пов'язаному кисню з часом захисної дії 30 хвилин, наприклад, DEZEGA Em SCAPE, який спеціально розроблений для порятунку людей, що є прикутими до ліжка. Доцільно рекомендувати навчання користуванню відповідними саморятівниками та тренування персоналу не менше 1–2 разів на протязі року.

Дослідження часу евакуації людей з торговельних підприємств, ресторанів, кафе, їдалень показало, що максимальний час евакуації (в розглянутому випадку до евакуаційного виходу 95) складав близько 4 хвилин. З урахуванням цього в якості саморятівника для персоналу пропонується ізолюючий саморятівник із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 10 хвилин.

Дослідження часу евакуації людей з готелів та готельних комплексів після проведення розрахунку показало, що загальний час евакуації людей при пожежі становив – 1434 с, або майже 24 хвилин. Проте це стосувалось тільки мешканців готелі М4 групи мобільності, які є прикутими до ліжка. В інших випадках евакуація відбувалась на протязі близько 11 хвилин. З урахуванням цього в якості саморятівника для мешканців готелю та обслуговуючого персоналу, який не буде задіяним в здійсненні процесу евакуації мешканців готелю М4 групи мобільності, пропонується ізолюючий саморятівник із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 15 хвилин. Останні повинні бути в кожному номері готелю та місцях постійного перебування персоналу. Для евакуації з готелів та готельних комплексів хворих М4 групи мобільності пропонується номери, де вони будуть знаходитись, та місця знаходження медичного персоналу, який буде займатись їх евакуацією, оснастити ізолюючими саморятівниками на хімічно пов'язаному кисню з часом захисної дії 30 хвилин типу DEZEGA Em SCAPE, який спеціально розроблений для порятунку людей, що є прикутими до ліжка. З урахуванням того, що кількість таких гостей не буде перебільшувати 2 % (стор.77 цього дослідження), саморятівники на хімічно пов'язаному кисню можуть зберігатись у спеціально визначених місцях, а номери комплектуються ними тільки під час заселення гостей з М4 групи мобільності. Крім цього, з урахуванням того, що саморятівники на хімічно пов'язаному кисню є одноразовими, передбачити наявність 1–2 відповідних навчальних саморятівників, в яких не є задіяним хімічно пов'язаний кисень.

Окремо необхідно звернути увагу на те, що знання правил користування відповідними саморятівниками необхідно включити до посадових інструкцій персоналу, який може бути задіяним до забезпечення процесу евакуації. Перевірка практичних знань щодо вміння користуватись саморятівниками повинна здійснюватись не рідше 1–2 разів на рік, наприклад, під час проведення відповідних навчань.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз та узагальнення нормативної, науково-технічної літератури щодо дотримання протипожежних вимог у типах будівель, які розглядаються в даній роботі.

Відповідно до [3] у дитячих закладах з цілодобовим режимом роботи, на літніх дитячих дачах повинно бути встановлене чергування обслуговуючого персоналу в нічний час. Приміщення для розміщення чергових має бути забезпечене телефонним зв'язком. Черговий повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту органів дихання для саморяткування людей під час пожежі з розрахунку на максимальну кількість дітей та окремо для обслуговуючого персоналу, комплектом ключів від дверей евакуаційних виходів, ручним електричним ліхтарем, знати кількість дітей, які залишаються на ніч, місця їх розміщення й повідомляти ці відомості телефоном у найближчий пожежно-рятувальний підрозділ.

Відповідно до [3] у всіх культурно-видовищних та дозвіллевих закладах слід влаштувати шафи для зберігання засобів індивідуального захисту органів дихання для саморяткування людей під час пожежі. Кількість засобів індивідуального захисту органів дихання визначається за кількістю обслуговувального персоналу. Відповідно до [3] лікарні та інші заклади охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих, не здатних самотійно пересуватися, повинні забезпечуватися ношами з розрахунку: одні ноші на 5 хворих та засобами індивідуального захисту органів дихання для саморяткування людей під час пожежі з розрахунку на максимальну кількість хворих (стаціонар) та окремо для обслуговуючого персоналу. Відповідно до [3] місткість торговельних та обідніх залів повинна відповідати вимогам норм проектування, а в разі їх відсутності визначатися з розрахунку не менше $1,35 \text{ м}^2$ на одного відвідувача крамниці та не менше $1,4 \text{ м}^2$ на одне посадкове місце в ресторані, кафе, їдальні.

Адміністрація торговельних підприємств, ресторанів, кафе, їдалень не повинна допускати переповнення залів відвідувачами, а на випадок виникнення пожежі приміщення мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів дихання для саморяттування людей під час пожежі для обслуговувального персоналу. Відповідно до [3] черговий персонал готелів та готельних комплексів з кількістю місць для проживання 50 осіб і більше, а також мешканці цих об'єктів мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів дихання для саморяттування людей під час пожежі для організації евакуації людей у разі виникнення пожежі.

2. Всі підходи, які розглядаються в публікаціях, мають за мету скорочення часу проведення евакуації мешканців при пожежі. Проте, кожен з наведених підходів має окремі переваги та недоліки. Одним з основних факторів забезпечення збереження життя людей є правильно виконаний розрахунок евакуації людей з приміщень. Оскільки, згідно з аналізом статистичних даних про пожежі, основну частину загиблих під час пожежі становлять люди, котрі отруїлися токсичними продуктами горіння. Тому важливо провести евакуацію до настання граничних станів пожежі. Отже, як актуальне науково-технічне завдання під час виконання науково-дослідної роботи розглядається удосконалення методик розрахунків за допомогою програмного забезпечення Pathfinder, моделювання поведінки людей в різних можливих ситуаціях при пожежі, моделювання застосування ЗІЗОД при евакуації. Показано, що урахування результатів проведеного дослідження допоможе знизити кількість або зовсім уникнути жертв, які можуть бути внаслідок пожежі. Використання програмного комплексу PATHFINDER дозволяє моделювати евакуацію у різних будівлях та приміщеннях, є можливість налаштовувати конкретний розрахунок з усіма можливими факторами, таких як моделювання евакуації людей з обмеженими можливостями; здатність задання та коригування швидкості агентів на різних ділянках шляху евакуації; наявність функції, котра регулює початок руху агентів в заданій поведінці тощо.

3. Проведено розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder на прикладі дошкільного навчального закладу № 582 для дітей з порушенням слуху.

Загалом за результатами можливих сценаріїв, перевага вдосконаленої СО полягає:

- в більш швидкій евакуації дітей за рахунок зменшення часу витраченого на прямування та пробудження вихователями дітей, які за гіршим варіантом перебувають у стадії сну;

- отримання дітьми сигналів про пожежу;

- виключення поняття «людського» фактору.

Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації. Проведено розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder в будинку культури на 600 місць. Фактичний час евакуації склав 237,3 с. Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації з культурно-видовищних та дозвіллевих закладів.

Проведено розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder в дитячому санаторії. Фактичний час евакуації склав 339,3 с. Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації з лікарень та інших закладів охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих.

Проведено розрахунки розрахункового часу евакуації людей з приміщень підприємства. За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок, що за умови прийнятих об'ємно-планувальних й конструктивних рішень розрахунковий час евакуації людей з приміщень об'єкту за його межі не перевищує часу настання гранично допустимого для людини значення небезпечних чинників пожежі, таким чином проектом забезпечено безпечні умови евакуації в разі виникнення пожежі на об'єкті

розрахунку. Розрахунок за [37] за допомогою спрощеної аналітичної моделі руху людського потоку та моделювання в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації.

Таким чином, за результатом даної роботи можна зробити висновок, що використання програмного забезпечення PATHFINDER дає більш точні результати ніж розрахунок, наведений у [37], завдяки більшій деталізації розрахунку евакуації, а також дозволяє уникнути можливих помилок та зменшити похибки розрахунків.

4. Проведено розрахунок та моделювання часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder на прикладі висотної будівлі. Аналогічну модель можливо застосувати для готелів та готельних комплексів. Наявні об'ємно-планувальні рішення досить часто в процесі експлуатації висотних будинків змінюються власниками/користувачами без будь-яких проектних рішень, які б відповідали вимогам НД, що в свою чергу негативно впливає на своєчасну евакуацію людей. Для доведення можливості безпечної евакуації пожежними ліфтами при пожежі МГН, були опрацьовані наукові роботи присвячені даній тематиці, проведений аналіз нормативних документів в частині влаштування та конструктивного виконання ліфтів у висотних будівлях, їх надійності, безпечності, доступності. Як висновок – сучасні пожежні ліфти висотних будівель можуть використовуватися як додатковий шлях евакуації людей з поверхів для категорії групи мобільності – М4 (інваліди, що пересуваються на кріслах-колясках, які приводяться у рух вручну).

Для підтвердження ефективності використання пожежних ліфтів було проведено відповідні обчислення:

- розрахунок часу евакуації людей та часу досягнення небезпечними чинниками пожежі критичних значень для життя людини під час пожежі без використання ліфтів;

- моделювання та визначення часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder без/та використанням ліфтів.

Проведеним моделюванням евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder без/та з використанням ліфтів було встановлено, що до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів з розглянутого як прикладу житлового будинку по вул. Байди Вишневецького, 68 в м. Черкаси, майже всі люди евакуюються через відповідні шляхи евакуації в тому числі і група мобільності – М4 використовуючи пожежні ліфти. Моделі в програмному забезпеченні Pathfinder можливо використовувати для моделювання використання ЗІЗОД при проведенні евакуації.

5. Рекомендовано дитячі заклади з цілодобовим режимом роботи та літні дитячі дачі оснастити ізолюючими саморятівниками із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 10 хвилин. Рекомендувати навчання їх користуванню та тренування персоналу та дітей не менше 1-2 разів на протязі року (наприклад, під час підготовки або проведення відповідних навчань) або на початку зміни в літній дитячій дачі. Для забезпечення евакуації людей з лікарень та інших закладів охорони здоров'я з постійним перебуванням хворих пропонується в цілому використання ізолюючих саморятівників із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 10 хвилин. Для евакуації хворих М4 групи мобільності пропонується палати з ними та місця знаходження медичного персоналу, який буде займатись їх евакуацією, оснастити ізолюючими саморятівниками на хімічно пов'язаному кисню з часом захисної дії 30 хвилин, наприклад, DEZEGA Em SCAPE, який спеціально розроблений для порятунку людей, що є прикутими до ліжка. Доцільно рекомендувати навчання користуванню відповідними саморятівниками та тренування персоналу не менше 1-2 разів на протязі року

Для евакуації людей з торговельних підприємств, ресторанів, кафе, їдалень в якості саморятівника для персоналу пропонується ізолюючий

саморятівник із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 10 хвилин. В якості саморятівника для мешканців готелю та обслуговуючого персоналу, який не буде задіяним в здійсненні процесу евакуації мешканців готелю М4 групи мобільності, пропонується ізолюючий саморятівник із стисненим повітрям капюшонного типу з часом захисної дії 15 хвилин. Останні повинні бути в кожному номері готелю та місцях постійного перебування персоналу. Для евакуації з готелів та готельних комплексів хворих М4 групи мобільності пропонується номери, де вони будуть знаходитись, та місця знаходження медичного персоналу, який буде займатись їх евакуацією, оснастити ізолюючими саморятівниками на хімічно пов'язаному кисню з часом захисної дії 30 хвилин типу DEZEGA Em SCAPE, який спеціально розроблений для порятунку людей, що є прикутими до ліжка. З урахуванням того, що кількість таких гостей не буде перебільшувати 2% (стор.77 цього дослідження), саморятівники на хімічно пов'язаному кисню можуть зберігатись у спеціально визначених місцях, а номери комплектуються ними тільки під час заселення гостей з М4 групи мобільності. Крім цього, з урахуванням того, що саморятівники на хімічно пов'язаному кисню є одноразовими, передбачити наявність 1-2 відповідних навчальних саморятівників, в яких не є задіяним хімічно пов'язаний кисень.

Знання правил користування відповідними саморятівниками необхідно включити до посадових інструкцій персоналу, який може бути задіяним до забезпечення процесу евакуації. Перевірка практичних знань щодо вміння користуватись саморятівниками повинна здійснюватись не рідше 1-2 разів на рік, наприклад, під час проведення відповідних навчань.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти».
2. ДБН В.2.2-4:2018 «Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти».
3. Наказ МВС від 30.12.2014 року № 1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні».
4. ДБН В.2.2-16:2019 «Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади».
5. ДБН В.2.2-10-2001 «Будинки і споруди Заклади охорони здоров'я».
6. ДБН В.2.2-23:2009 «Підприємства торгівлі. Будинки і споруди».
7. ДБН В.2.2-20:2008 «Будинки і споруди. Готелі».
8. ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення».
9. ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі. Основні положення».
10. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення».
11. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2020 року https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2020/Nauka/STATYSTYKA/Analitychna%20dovidka%20pro%20pojeji_12.2020.pdf
12. Kunwar B., Simini F., Johansson A. Evacuation time estimate for total pedestrian evacuation using a queuing network model and volunteered geographic information. *Physical Review E*. 2016. Vol. 93(3). 032311.
13. Doulamis N. Evacuation planning through cognitive crowd tracking. In 2009 16th International Conference on Systems, Signals and Image Processing. IEEE. June, 2009. P. 1–4.
14. Doulamis N. D., Voulodimos A. S., Kosmopoulos D. I., Varvarigou T. A. Enhanced human behavior recognition using hmm and evaluative rectification. In Proceedings of the first ACM international workshop on Analysis and retrieval of tracked events and motion in imagery streams. October, 2010. P. 39–44.

15. Liu J., Zhang R., Yan W., Sun L. Evacuation of building fire personnel based on BIM+ GIS: A review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. June, 2021. Vol. 787. № 1. P. 012173.

16. Coelho A. L., Almeida J. E. Buildings' Fire Development and Evacuation Modelling.

17. Şuvar M. C., Kovacs I., Păsculescu V. M., Vlasin N. I., Florea G. D. Analysis of human behavior and evacuation in building fires using computer evacuation models. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ). 2019. 18(4).

18. Hu Y., Wang F. Y., Liu X. A CPSS approach for emergency evacuation in building fires. IEEE intelligent systems. 2014. 29(3). 48–52.

19. Комяк В. М., Кязімов К.Т. Варіантне моделювання евакуації людей з висотних будівель у разі виникнення надзвичайної ситуації. Сучасні проблеми моделювання. 2020. № 17. С. 27–35.

20. Кусковець С. Л., Москалик С. О. Шляхи вирішення проблем евакуації людей з будинків підвищеної поверховості на випадок пожежі. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering. 2016. Т. 2. №. 74. С. 305–313.

21. Поліванов О. Сучасні проблеми гасіння пожеж у висотних будівлях : матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». 2020. С. 55–56.

22. Хілько Ю. В. Тригуб В. В., Грицина І. М. Моделювання безпечної евакуації людей з висотних будівель при пожежі. Науковий вісник будівництва. Харків. 2017. Т. 90. № 4. С. 267–271.

23. Щолоков Е. Е., Отрош Ю. А., Майборода Р. І. Моделювання евакуації людей при пожежі за допомогою програмного забезпечення Pathfinder: матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація». Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 127–129.

24. Олейник О. С., Отрош Ю. А. Технічні можливості програмного забезпечення Pathfinder Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 174.

25. Олейник О. С., Отрош Ю. А., Ромін А. В. Моделювання поширення небезпечних факторів пожежі за допомогою прикладного програмного забезпечення PYROSIM [Текст]: матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація». Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 69–70.

26. Рубан А. В., Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А. Моделювання евакуації людей при пожежі в програмному забезпеченні PATHFINDER. Modern Technologies for Solving Actual Society's Problems. Edited by Oleksandr Nestorenko and Iryna Ostopolets. Publishing House of University of Technology. Katowice, 2022. P. 412–420.

27. Полупан В. А., Рашкевич Н. В. Особливості розповсюдження продуктів загоряння: матеріали Круглого столу «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗ України, 2023. С. 62–63.

28. Федюк І. Б., Чернуха А. М. Засіб евакуації людей з висотних будівель під час пожежі: матеріали 20 Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ, 2018. С. 444–445.

29. Lay S. Alternative evacuation design solutions for high-rise buildings. The Structural Design of Tall and Special Buildings. 2007. Vol. 16(4). P. 487–500.

30. Ronchi E., Nilsson D. Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research. Fire science reviews. 2013. Vol. 2. P. 1–21.

31. Kodur V. K. R., Venkatachari S., Naser M. Z. Egress parameters influencing emergency evacuation in high-rise buildings. Fire technology. 2020. Vol. 56. P. 2035–2057.

32. Васильченко О. В. Проблеми облаштування пожежосховищ висотних будівель: матеріали 21 Всеукраїнської науково-практичної конференції (за міжнародною участю) «Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах». Київ: ІДУЦЗ, 2019. С. 324.

33. Underwriters Laboratories (2016b) Standards for safety: Visible signaling devices for Fire Alarm and Signaling Systems, Including accessories, UL 1638 (Ed. 5) / CAN/ULC-S526 (Ed. 4).

34. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.

35. Інвентаризаційна справа №534568 дошкільного навчального закладу № 582 для дітей з порушенням слуху по вул. Флоренції, 3 м. Києва.

36. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.

37. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.

38. Проектна документація «Дитячого спеціалізованого санаторію «Люстдорф» м. Одеса».

39. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

40. Проектна документація на будівництво житлового будинку по вул. Байди Вишневецького, 68 в м. Черкаси, (шифр 2022 -03-01).

41. Стрілець В. М., Ковальов П. А., Бородич П. Ю., Росоха С. В. Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту. Харків : НУЦЗУ, 2014. 360 с.

42. ДСТУ EN 137-2002. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Апарати дихальні автономні резервуарні зі стисненим повітрям. Вимоги, випробовування, маркування.

43. ДСТУ EN 138-2002. Засоби індивідуального захисту органів дихання Апарати дихальні з подаванням чистого повітря через шланг для використання з масками, півмасками або мундштучними пристроями. Вимоги, випробовування, маркування.