

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

ЩЕРБАК СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 614.84

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В ЖИТЛОВИХ
БУДІВЛЯХ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ
ВНУТРІШНЬОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Спеціальність 21.06.02 – Пожежна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті цивільного захисту України, ДСНС України, м. Харків

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Петухова Олена Анатоліївна,
Національний університет цивільного захисту України,
доцент кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Росоха Сергій Володимирович,
ПП «НПП «Спецпожтехніка», консультант;

кандидат технічних наук
Балло Ярослав В'ячеславович,
Український науково-дослідний інститут цивільного
захисту ДСНС України, заступник начальника центру -
начальник відділу нормативно-правового забезпечення.

Захист відбудеться "19" грудня 2019 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.707.01 в Національному університеті цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

Автореферат розіслано "18" листопада 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



А.О. Михайлюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сьогодні в Україні експлуатується більше 4000 житлових висотних будівель, більшість з яких знаходяться в незадовільному протипожежному стані, внаслідок чого щорічно в них виникає понад 1000 пожеж. Автодрабини пожежних автомобілів якими озброєні пожежно-рятувальні підрозділи, не досягають висоти 10-го поверху. Для висотних будівель у разі виникнення пожежі це призводить до необхідності прокладання рукавних ліній уздовж сходових маршів та коридорів відповідних поверхів, і чим вище знаходиться осередок пожежі, тим більше потребує часу даний етап пожежогасіння, що призводить до зростання матеріальних збитків і ризику зростання кількості людських жертв. При цьому нерідко збільшення збитку від пожежі відбувається за рахунок використання води в кількості, що значно перевищує необхідну.

Дослідженню питань подачі води до осередку пожежі присвячені роботи авторів Абдурагімова І.М., Балло Я.В., Віноградова А.Г., Ольшанського В.П., Остапова К.М., Росохи С.В., Шаповалової О.О., Yadav A., Grimwooda P. та інших дослідників. Питаннями пожежної безпеки висотних споруд займалися Дінь Конг Хинг і Ву Суан Хоа. В роботах згаданих авторів відсутнє обґрунтування параметрів пожежних кран-комплектів.

Зменшити термін від моменту виявлення пожежі до моменту початку її гасіння покликані пожежні кран-комплекти (ПКК), які є обов'язковими для встановлення в будівлях будь-якого призначення для певних їх характеристик - типу, об'єму, висоти, ступеня вогнестійкості, категорії виробництва за пожежною та вибухопожежною небезпекою та ін., і які лаштуються на системи внутрішнього водопостачання. ПКК дають можливість ввести вогнегасну речовину в осередок пожежі відразу після його виявлення самими мешканцями осель (для житлових будівель) або працівниками відповідних установ (для офісних та промислових приміщень), а конструкція ПКК дозволяє більш ефективно використовувати воду за рахунок її розпилення та більш прицільного подавання.

Облаштування та використання ПКК регламентується низкою нормативних документів; між тим вони є неповними і в них відсутнє наукове обґрунтування параметрів пожежних кран-комплектів. Для підвищення ефективності використання внутрішнього водопроводу під час гасіння пожежі необхідно визначити характеристики елементів пожежних кран-комплектів, які забезпечать успішне їх використання в конкретних умовах. Зміна характеристик пожежних кран-комплектів призводить до зміни ефективності їх використання для гасіння пожежі у будівлі.

У зв'язку з цим питання удосконалення характеристик ПКК як складової системи внутрішнього водопостачання, з метою підвищення ефективності їх використання, є актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження проводилося у рамках науково-дослідної роботи «Підвищення ефективності гасіння пожеж в житлових будівлях шляхом удосконалення системи внутрішнього водопостачання» (№ державної реєстрації 0115U002033), в якій

автор брав участь як відповідальний виконавець.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності гасіння пожеж у житлових висотних будівлях на початковому етапі шляхом удосконалення характеристик пожежних кран-комплектів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз функціонування елементів систем внутрішнього водопостачання, які використовуються для гасіння пожеж у житлових висотних будівлях, напрямків удосконалення і способів підвищення ефективності гасіння таких пожеж;
- визначити фактори, що впливають на ефективність застосування пожежних кран-комплектів для конкретних умов експлуатації, експериментальним шляхом отримати моделі фактичних витрат води залежно від вказаних факторів для різних типів ПКК та внутрішнього водопроводу;
- провести дослідження стосовно обґрунтування мінімально допустимої довжини рукава ПКК для забезпечення подавання води до кожної точки приміщення довільного планування;
- адаптувати існуючі моделі визначення необхідної кількості води для успішного гасіння пожежі на початковому етапі і визначити термін (час введення і тривалість подавання води) доцільності застосування ПКК залежно від характеристик приміщень, параметрів пожежі та ПКК;
- розробити методику розрахунку і рекомендації щодо визначення характеристик складових ПКК, що забезпечують підвищену ефективність гасіння пожеж. Оцінити ефективність гасіння пожеж у житлових висотних будівлях на початковому етапі для ПКК, характеристики яких обґрунтовано на основі запропонованої методики.

Об'єкт дослідження – характеристики пожежних кран-комплектів.

Предмет дослідження – вплив характеристик пожежних кран-комплектів на ефективність гасіння пожеж у житлових висотних будівлях на початковому етапі.

Методи дослідження – експериментальні методи визначення необхідної кількості води для цілей пожежогасіння з використанням теорії планування експерименту та статистичної обробки результатів, методи обчислювальної геометрії, математичного аналізу та дослідження операцій.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше отримано регресійні моделі фактичних витрат води залежно від тиску у водопроводі, довжини та ступеня розгортання рукава, діаметра випускного отвору розпорошувача для різних типів ПКК;
- вперше запропоновано математичну модель для визначення мінімально допустимої довжини рукава ПКК для забезпечення подавання води до кожної точки приміщення довільного планування;
- вперше запропоновано методику визначення характеристик ПКК залежно від умов його експлуатації, застосування якої забезпечує підвищення ефективності гасіння пожежі;
- удосконалено модель визначення часу початку гасіння пожежі за допомогою пожежного кран-комплекту.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено пропозиції для проектних організацій щодо використання пожежних кран-комплектів у житлових будівлях з визначенням параметрів складових таких приладів. Це дозволяє, використовуючи запропоновані математичні моделі та створений на їх основі пакет прикладних програм, вибрати обґрунтовані характеристики пожежних кран-комплектів та запроектувати удосконалену систему внутрішнього водопостачання, яка забезпечить підвищену ефективність гасіння пожежі.

Реалізуючи роботу трьох блоків запропонованого алгоритму, можна для заданої житлової будівлі (враховуючи її конструктивні особливості та характеристики пожежного навантаження), яка забезпечується водою з водопровідної мережі з відомими гідравлічними параметрами, визначити характеристики обладнання ПКК (діаметр та довжину рукава, діаметр випускного отвору насадка). Матеріали дисертації впроваджено у діяльність ТОВ «ДОЗОР СЕРВІС» (акт від 11.12.2017 р.), ТОВ «ПЕОЖБ Фаворит» (акт від 11.06.2019 р.), ТОВ ХПКІ «ТЕП-СОЮЗ» (акт від 18.07.2019 р.) та у навчальний процес НУЦЗУ при вивченні дисципліни «Протипожежне водопостачання» (акт від 14.05.2019 р.)

Особистий внесок здобувача. Наукові результати, викладені у дисертації, особисто отримані автором на основі експериментальних та теоретичних досліджень, спрямованих на підвищення ефективності гасіння пожеж у житлових висотних будівлях.

В роботах, що виконані у співавторстві, автором встановлено: для визначення робочих характеристик ПКК, що встановлюються у квартирах житлових висотних будівель, одержано та проаналізовано моделі визначення втрат напору в плоскозгорнутих рукавах, які входять до складу пожежних кран-комплектів, та витрат води, що можна фактично одержати з них [2, 10]; в роботах [3, 17] одержано модель втрат напору у плоскозгорнутих рукавах, які входять до складу пожежних кран-комплектів, залежно від діаметра рукава, тиску в мережі та відстані точки підключення рукава до точки розташування ствола; в [4, 19] проведено дослідження діаметра насадка розпорошувача пожежного кран-комплекту за фіксованих значень довжини рукава і ступеня його розгортання. Розрахунки виконано для різних значень гарантованого тиску в мережі та витрат води, що необхідні для успішного гасіння пожежі. Обґрунтовано межі доцільності використання обладнання з різними характеристиками; в [5, 15] проведено дослідження характеристик ПКК (діаметра насадка розпорошувача ПКК за фіксованих значень довжини рукава та середнього значення ступеня розгортання рукава) для різних значень витрат води, при гарантованому тиску в мережі; в [6, 9] запропоновано спосіб визначення фактичних витрат води з пожежного кран-комплекту, встановленого у квартирі або на сходовій клітинці висотної житлової будівлі. Спосіб дозволяє визначити витрату для рукавів довільної довжини, плоскозгорнутих і напівжорстких, з різним ступенем розгортання та за довільних значень тиску в мережі; в [7, 16] досліджено характеристики водопровідної мережі у випадку подачі води для пожежогасіння висотної житлової будівлі. Визначено межі часу вільного розвитку пожежі в умовах квартири. Встановлено площу пожежі, яку можна локалізувати. Отримані значення площі відповідають умовам ефективного використання пожежних кран-комплектів у висотних житлових

будівлях; в [8] запропоновано математичну модель для розрахунку мінімально допустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту для ліквідації пожежі на початковій стадії у приміщенні довільного планування. Показано, що довжина рукава визначається не лише габаритами приміщення, а і його індивідуальним внутрішнім плануванням та місцеположенням точки підключення кран-комплекту до системи внутрішнього водопостачання; в [11, 12, 14] для гасіння пожеж у висотних житлових будівлях обґрунтовано критерії доцільності використання пожежних кран-комплектів; в [13] проведено аналіз вимог керівних документів, щодо елементів пожежних кран-комплектів, визначено невідповідність характеристик ПКК за такими параметрами як тип рукава та тиск; в [18, 21] на підставі виконаних досліджень необхідних і фактичних витрат води з ПКК пропонується алгоритм вибору обладнання пожежних кран-комплектів для конкретних умов його використання; в [20] проведено аналіз підвищення ефективності гасіння пожеж у житлових будівлях шляхом удосконалення характеристик систем внутрішнього водопостачання, експериментально визначено фактичну кількість води з ПКК, обладнаного плоскозгорнутим рукавом діаметром 19 мм, довжиною 15 м, а також встановлено чинники та їх вплив на витрату води з ПКК.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукового дослідження доповідались на: V Всеросійській науково-практичній конференції «Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций» (м. Воронеж, РФ, 2014); Всеукраїнській науково-практичній конференції рятувальників «Технології захисту – 2014» (м. Київ, 2014); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи» (м. Харків, 2014); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Забезпечення пожежної та техногенної безпеки» (м. Харків, 2014); Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (м. Черкаси, 2015); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Наукове забезпечення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів: теорія та практика» (м. Харків, 2015); Міжнародній науково-практичній конференції «Нурлы жол – путь в будущее» (м. Кокшетау, Республіка Казахстан, 2015); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке» (м. Дніпро, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы» (м. Кокшетау, Республіка Казахстан, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (м. Харків, 2017); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Пожежна безпека: проблеми та перспективи» (м. Харків, 2018); XVII Міжнародній науково-практичній конференції «Удосконалення процесів обладнання харчових і хімічних виробництв» (м. Одеса, 2018); Міжнародній науково-практичній конференції «Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны» (м. Кокшетау, Республіка Казахстан, 2019).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 8 наукових статтях (дві з яких – в іноземних виданнях, що реферуються Index Copernicus), у 13 тезах доповідей на науково-технічних конференціях, отримано 1 патент України на корисну модель.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел з 118 найменувань, містить 130 сторінок друкованого тексту, 8 таблиць, 35 рисунків, 4 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі акцентовано, що в більшості випадків під час гасіння водою, значна її частина витрачається марно і не потрапляє до зони горіння. Тому застосування систем автоматичного пожежогасіння може бути замінено або доповнено системами неавтоматичного пожежогасіння, до яких належить пожежний кран-комплект, застосування якого забезпечує високу прицільність подавання води в осередок пожежі. Вимогами нормативних документів у квартирах житлових будівель висотою понад 47 м передбачається монтаж додаткових пожежних кран-комплектів, встановлення яких повинно сприяти локалізації загоряння у квартирі безпосередньо мешканцями та запобігати поширенню вогню до прибуття пожежних підрозділів.

Проведено аналіз складових та основних конструктивних характеристик ПКК, що встановлено відповідно до вимог нормативних документів України та інших країн. До переваг ПКК відносять невеликі габарити (рис. 1) – пристрій досить компактно складається, є непомітним в інтер'єрі і не порушує дизайну приміщення. Застосування спеціальних насадків (розпорошувачів) дозволяє створювати дрібнодисперсний струмінь води, який не пошкоджує предмети інтер'єру та побуту. Деякі ПКК комплектуються розпорошувачами з можливістю плавного регулювання вихідного отвору. Гнучкий рукав комплексу дозволяє обійти всі предмети меблювання, що зустрічаються на шляху, та прокласти рукав у найвіддаленішу точку приміщення. Установка запірного пристрою дозволяє перервати роботу в будь-який момент і відновити її за необхідності. Вартість установки є вельми невеликою, як і вартість води, що використовується в якості вогнегасної речовини.



Рис 1. Пожежні кран-комплекти із плоскозгорнутим та напівжорстким рукавами

При цьому необхідність збільшення проектної витрати води на внутрішнє пожежогасіння у висотних будівлях є одним з основних питань при проектуванні. Забезпечення необхідної кількості води на верхніх поверхах висотної будівлі є, безумовно, найбільш складним технічним завданням. Невідповідність характеристик ПКК за такими позиціями як тип рукава, його довжина, діаметр вихідного отвору розпорошувача може мати принципове значення у випадку використання ПКК у житлових висотних будівлях через гідравлічні характеристики системи водопостачання, на якій вони встановлюються. Фактичний напір перед ПКК може змінюватися в десятки разів. При цьому в найгірших умовах розміщення ПКК (верхні поверхи будівлі за умов нижньої розводки або нижні – при верхній), може виявитися, якщо використовувати обладнання з максимальним опором, що витрати води не можуть забезпечити відведення такої кількості тепла, яке виділяється під час горіння.

Проведено огляд робіт науковців, які займалися дослідженням доставки води в осередок пожежі. Виявлено, що дослідження щодо впливу характеристик ПКК на витрати води до цього часу не проводилися.

У процесі проектування розміщення ПКК слід зважувати на необхідність такого його розташування (у тому випадку, коли є декілька варіантів), яке забезпечує можливість доставки води в будь-яку точку приміщення за найкоротшої довжині рукава. Обґрунтування довжини рукава для приміщення довільної внутрішньої архітектури також не проводилися.

У **другому розділі** описано методику проведення експериментальних досліджень. Досліджувався вплив чотирьох параметрів – тиску в мережі $P(m)$, ступеня розгортання рукава $s(\%)$, діаметра $d(mm)$ випускного отвору розпорошувача (насадка) та довжини рукава $l(m)$ на витрати води $q(l/c)$ за допомогою установки, схему якої наведено на рис. 2.

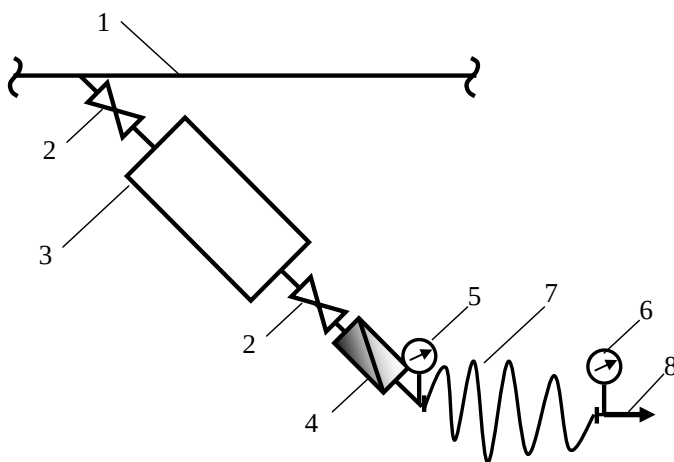


Рис. 2. Схема установки для експериментального дослідження фактичних витрат води з ПКК: 1 – водопровідна мережа; 2 – засувка; 3 – насос; 4 – лічильник води; 5, 6 – манометри; 7 – рукав; 8 – розпорошувач

Дослідження складалися з двох серій експериментів для двох типів рукавів – напівжорстких (НЖР) та плоскозгорнутих (ПЗР). Для кожної серії під час проведення експерименту було використано стандартну план-матрицю для центрального композиційного рототабельного уніформ-плану, на основі якого було отримано поліноміальні залежності другого порядку в безрозмірному (для кодованих параметрів), а потім – у розмірному (для натуральних параметрів)

вигляді. Для визначення коефіцієнтів при квадратичних членах було використано план-матриці повного факторного експерименту та проведено додаткові експерименти у зоряних точках для всіх чотирьох факторів.

Необхідна кількість дослідів склала $N=25$, за кількості факторів $k=4$ та кількості дослідів у центрі плану $n_0=1$.

В таблиці 1 наведені відомості про рівні варіювання факторів під час проведення експерименту для двох варіантів підключення ПМК (перший варіант – встановлення ПМК у квартирі та підключення його до господарсько-питного водопроводу (ГПВ); другий варіант – встановлення ПМК у шафі та підключення його до внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ)); при цьому границі змін факторів приймалися виходячи з вимог нормативних документів, пропозицій виробників відповідного обладнання, умов реального використання ПМК у квартирах висотних житлових будівель та умов лабораторії.

Таблиця 1

Рівні варіювання факторів

Інтервал варіювання та рівень факторів	Тиск Р у мережі, м, у разі приєднання до:		Ступінь s розгортання рукава, %	Діаметр d насадка розпорошувача, мм	Довжина l рукава, м
	ГПВ	ВПВ			
Нульовий рівень $x_i = 0$	23	50	60	9	21
Інтервал варіювання	15	25	28	3	6
Нижній рівень $x_i = -1$	8	25	32	6	15
Верхній рівень $x_i = +1$	38	75	88	12	27
Зоряні точки $x_i = -1,41421$ $x_i = 1,41421$	1,8	14,6	20,4	4,8	12,5
	44,2	85,4	99,6	13,2	29,5
Кодове позначення	x_1		x_2	x_3	x_4

Вимірювання витрат води з ПМК відповідно стандартної план-матриці експерименту проводяться при всіх можливих комбінаціях рівнів факторів (тиск у мережі, ступінь розгортання ПЗР або прямолінійність прокладання для НЖР, діаметр насадка розпорошувача, довжина рукава для рукавів діаметром 19 мм, 25 мм та 33 мм). При цьому для кожного дослідів фіксувалися показання манометрів 5 та 6 (рис. 2) та показання лічильника води 4, що дозволило визначити за різницею показань манометрів втрати напору в рукаві, а за лічильником – відповідні їм витрати води, що можливо фактично одержати для гасіння пожежі з ПМК.

Обробка результатів вимірювань дозволила визначити коефіцієнти (з одночасною перевіркою їх значущості) рівняння регресії та отримати моделі витрат води з ПМК у вигляді (для кодованих параметрів):

– для ПЗР діаметром 19 мм (підключення можливе лише до ГПВ):

$$y_1 = 0,4802 + 0,1845x_1 + 0,017x_2 + 0,0522x_3 - 0,0167x_4 - 0,0063x_1^2 - 0,0039x_2^2 + 0,0137x_3^2 - 0,0014x_4^2 + 0,0156x_1x_2 - 0,0059x_1x_3 - 0,0054x_1x_4 + 0,0061x_2x_3 - 0,0044x_2x_4 + 0,0021x_3x_4; \quad (1)$$

– для НЖР діаметром 19 мм (підключення можливе лише до ГПВ):

$$y_2 = 0,694 + 0,1649x_1 + 0,0811x_2 + 0,0924x_3 - 0,0148x_4 - 0,085x_1^2 - 0,03x_2^2 - 0,08x_3^2 - 0,04x_4^2 + 0,0387x_1x_2 + 0,0125x_1x_3 - 0,0037x_1x_4 - 0,0187x_2x_3 + 0,0013x_3x_4; \quad (2)$$

– для ПЗР діаметром 25 мм (підключення до ГПВ):

$$y_3 = 1,3552 + 0,5356x_1 + 0,0606x_2 + 0,5432x_3 - 0,0376x_4 - 0,1158x_1^2 - 0,0283x_2^2 - 0,2407x_3^2 + 0,0467x_4^2 - 0,0544x_1x_2 + 0,2919x_1x_3 - 0,0081x_1x_4 + 0,0581x_2x_3 - 0,0081x_2x_4 + 0,0044x_3x_4; \quad (3)$$

– для НЖР діаметром 25 мм (підключення до ГПВ):

$$y_4 = 1,2876 + 0,387x_1 + 0,0962x_2 + 0,591x_3 - 0,0291x_4 - 0,136x_1^2 - 0,0735x_2^2 - 0,2585x_3^2 + 0,0015x_4^2 + 0,0187x_1x_2 + 0,2687x_1x_3 + 0,0063x_1x_4 + 0,0063x_2x_3 - 0,0187x_2x_4 - 0,0187x_3x_4; \quad (4)$$

– для ПЗР діаметром 25 мм (підключення до ВПВ):

$$y_5 = 1,936 + 0,4973x_1 + 0,0521x_2 + 0,6212x_3 - 0,0421x_4 + 0,2025x_1^2 - 0,1725x_2^2 - 0,16x_3^2 - 0,0725x_4^2 + 0,05x_1x_2 + 0,1375x_1x_3 - 0,0187x_2x_3 + 0,0063x_2x_4 + 0,0063x_3x_4; \quad (5)$$

– для НЖР діаметром 25 мм (підключення до ВПВ):

$$\begin{aligned}
y_6 = & 1,6216 + 0,5343x_1 + 0,0706x_2 + 0,61x_3 - 0,0335x_4 + \\
& + 0,199x_1^2 - 0,0885x_2^2 - 0,1385x_3^2 - 0,0735x_4^2 + \\
& + 0,1437x_1x_3 + 0,0187x_2x_3 - 0,0063x_3x_4;
\end{aligned} \tag{6}$$

– для ПЗР діаметром 33 мм (підключення до ГПВ):

$$\begin{aligned}
y_7 = & 2,8088 + 0,6924x_1 + 0,0737x_2 + 0,5468x_3 - 0,05316x_4 - 0,4805x_1^2 - \\
& - 0,168x_2^2 - 0,393x_3^2 - 0,1305x_4^2 + 0,0175x_1x_2 + 0,28x_1x_3 - \\
& - 0,0138x_1x_4 - 0,0013x_2x_3 - 0,02x_2x_4 + 0,005x_3x_4;
\end{aligned} \tag{7}$$

– для НЖР діаметром 33 мм (підключення до ГПВ):

$$\begin{aligned}
y_8 = & 3,168 + 0,7426x_1 + 0,1183x_2 + 0,6626x_3 - 0,0591x_4 - 0,5925x_1^2 - \\
& - 0,2175x_2^2 - 0,5675x_3^2 - 0,1675x_4^2 + 0,0063x_1x_2 + 0,4313x_1x_3 - \\
& - 0,025x_1x_4 + 0,0187x_2x_3 - 0,0125x_2x_4;
\end{aligned} \tag{8}$$

– для ПЗР діаметром 33 мм (підключення до ВПВ):

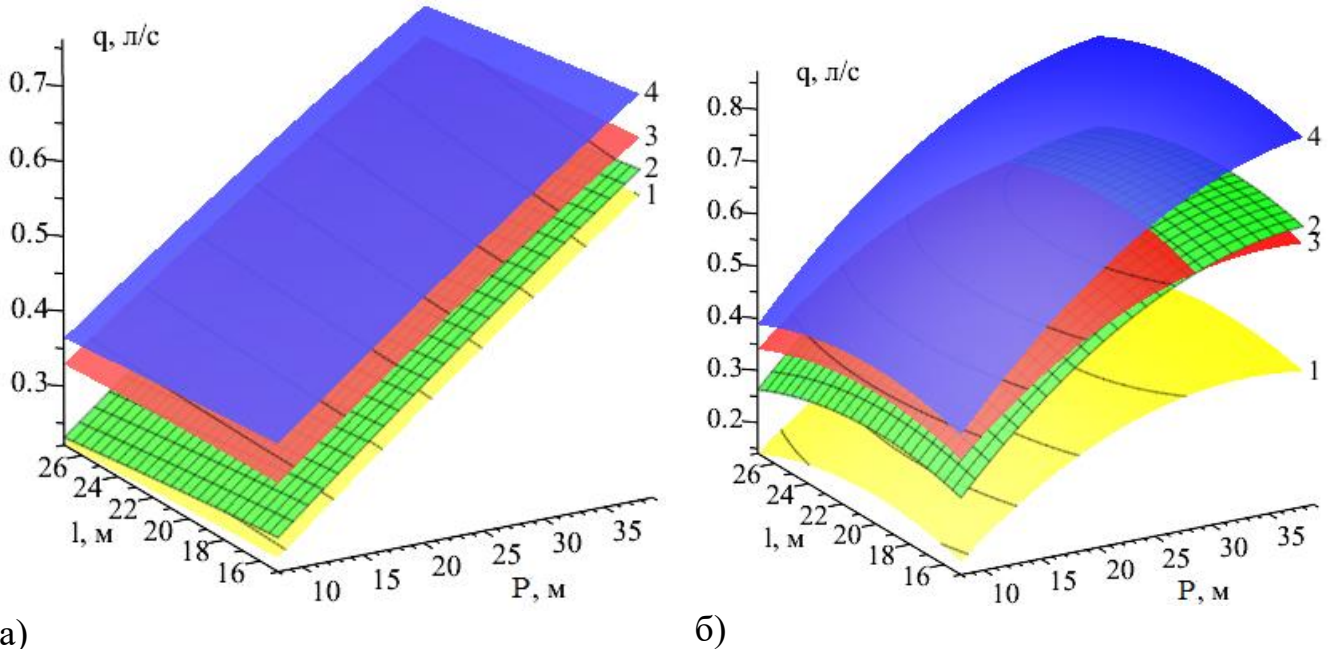
$$\begin{aligned}
y_9 = & 3,464 + 0,6994x_1 + 0,1141x_2 + 0,4436x_3 - 0,0706x_4 - 0,2025x_1^2 - \\
& - 0,2275x_2^2 - 0,3025x_3^2 - 0,24x_4^2 + 0,0125x_1x_2 + 0,05x_1x_3 + \\
& + 0,025x_1x_4 - 0,0187x_2x_3 - 0,0187x_2x_4 + 0,0187x_3x_4;
\end{aligned} \tag{9}$$

– для НЖР діаметром 33 мм (підключення до ВПВ):

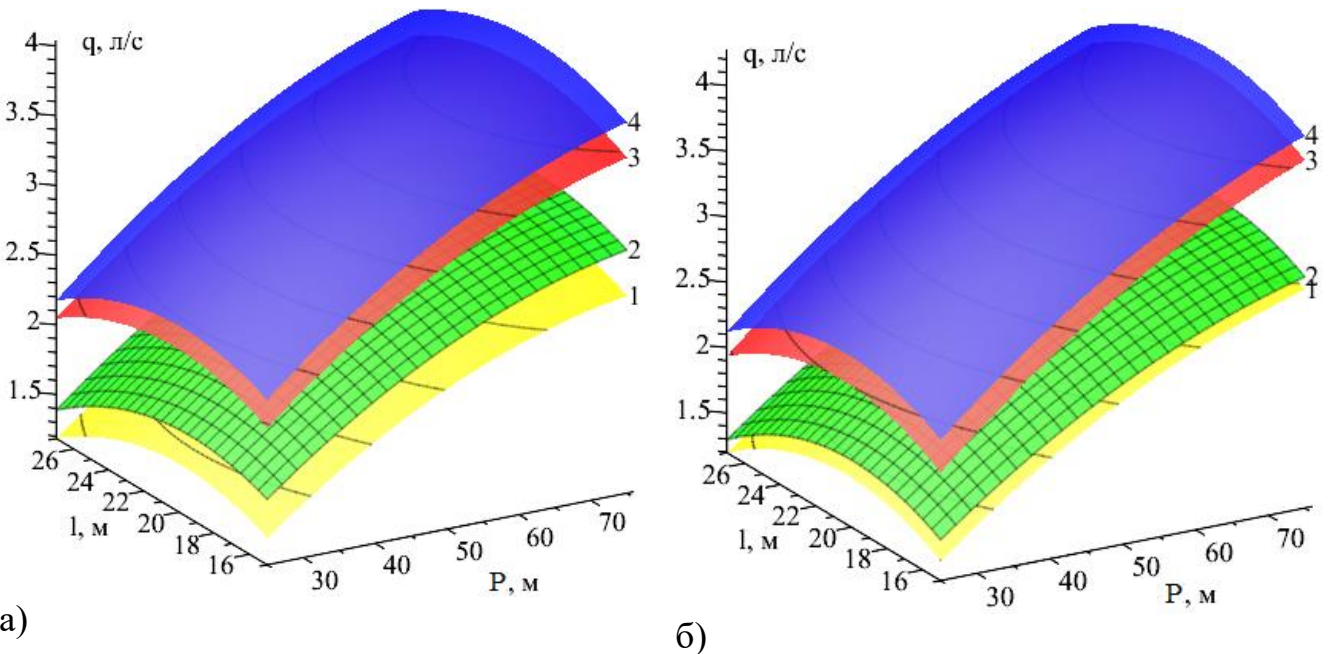
$$\begin{aligned}
y_{10} = & 3,678 + 0,8233x_1 + 0,0716x_2 + 0,4526x_3 - 0,0716x_4 - 0,1862x_1^2 - \\
& - 0,2737x_2^2 - 0,3862x_3^2 - 0,2988x_4^2 - 0,0156x_1x_2 + 0,0781x_1x_3 + \\
& + 0,0031x_1x_4 + 0,0219x_2x_3 - 0,0156x_2x_4 + 0,0156x_3x_4.
\end{aligned} \tag{10}$$

Аналіз коефіцієнтів (1)–(10) показав, що фактичні витрати води з ПКК у значній мірі залежать від тиску в мережі та діаметра насадка та в меншій мірі – від довжини рукава і ступеня його розгортання. При переході до натуральних координат і аналізі отриманих графіків (приклад яких наведено на рис. 3–5) з'ясовано, що за низького тиску (у разі приєднання до ГПВ) і за низького ступеня розгортання рукава (32 %) та діаметрі рукава 19 мм витрати води будуть

мінімальними (від 0,15 л/с та не більше 0,9 л/с), але напівжорсткий рукав є все ж більш продуктивним, а отже саме його більш доцільно використовувати (витікає з порівняння рис. 1,а та рис. 1,б). За зростання рівня тиску від 8 м до 75 м різниця у витратах води може зростати більш ніж у 21 раз (мінімальне значення 0,15 л/с – рис. 3,б і максимальне 4,3 л/с – рис. 4,б).



а) б)
Рис. 3. Залежність витрат води q (л/с) від довжини рукава l (м) та тиску в мережі P (м) у разі підключення до ГПВ рукава діаметром 19 мм: 1 – $s=32\%$, $d=6$ мм; 2 – $s=88\%$, $d=6$ мм; 3 – $s=32\%$, $d=12$ мм; 4 – $s=88\%$, $d=12$ мм. а) ПЗР; б) НЖР



а) б)
Рис. 4. Залежність витрат води q (л/с) від довжини рукава l (м) та тиску в мережі P (м) у разі підключення до ВПВ рукава діаметром 33 мм: 1 – $s=32\%$, $d=6$ мм; 2 – $s=88\%$, $d=6$ мм; 3 – $s=32\%$, $d=12$ мм; 4 – $s=88\%$, $d=12$ мм. а) ПЗР; б) НЖР

За великого тиску (у випадках приєднання до ВПВ), значного ступеня розгортання рукава (88 %) та діаметра рукава 33 мм витрати води будуть максимальними (до 4,3 л/с) і не існує суттєвих відмінностей щодо витрат для рукавів напівжорстких та плоскозгорнутих (витікає з порівняння рис. 4,а та рис. 4,б), а отже застосування того чи іншого типу рукава визначається експлуатаційною зручністю. Також видно, що ступінь розгортання рукава відіграє значно меншу роль у порівнянні з діаметром насадка (порівняння поверхонь 3 і 4 з поверхнями 1 і 2 на рис. 4,б). З'ясовано, що зміна діаметра насадка з 6 мм до 12 мм збільшує витрати води від 1,3 (за тиску 25 м) до 2,1 (за тиску 75 м) раз.

Також виявлено майже лінійне зростання витрат води зі зростанням тиску та нелінійне зменшення зі зростанням довжини рукава.

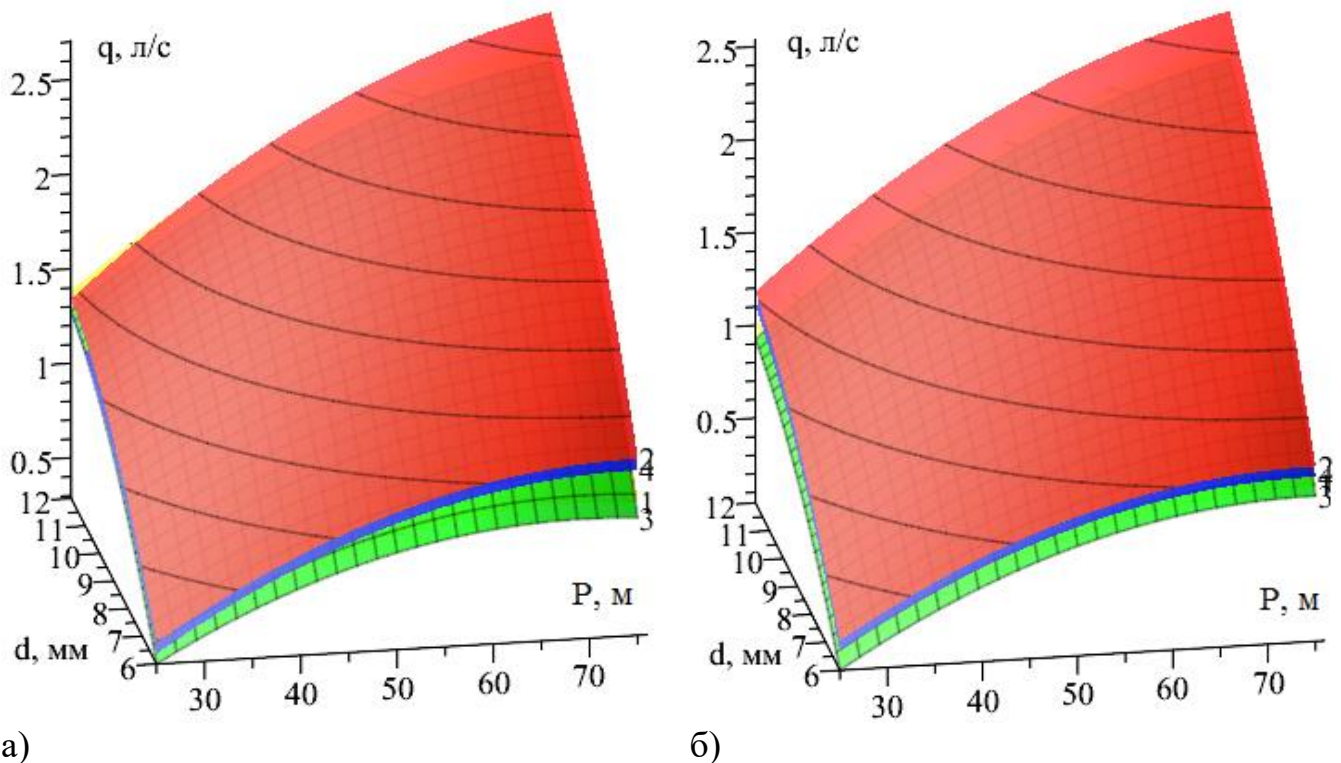


Рис. 5. Залежність витрат води q (л/с) від діаметра насадка d (мм) та тиску в мережі P (м) у випадку підключення до ВПВ рукава діаметром 25 мм: 1 – $l=15$ м, $s=32$ %; 2 – $l=27$ м, $s=32$ %; 3 – $l=15$ м, $s=88$ %; 4 – $l=27$ м, $s=88$ %. а) ПЗР; б) НЖР

Той факт, що довжина рукава і ступінь його розгортання впливає на витрати води в незначній мірі, можна прослідити на прикладі рис. 5, де видно, що для кожного з типів рукавів поверхні $q(H,d)$ відрізняються мало (максимальна різниця не перевищує 0,3 л/с).

У третьому розділі удосконалено модель визначення часу початку гасіння пожежі за допомогою пожежного кран-комплекту та за рахунок цього оцінено необхідну кількість води для її ліквідації та розраховано відповідні витрати води.

Оцінено час початку гасіння в межах $66 \div 700$ с. Відповідно мінімальна площа пожежі складе $0,34 \text{ м}^2$, за умови форми у вигляді чверті кола і лінійної швидкості вигорання $0,01 \text{ м/с}$. Для гасіння такої пожежі достатньо витрат води з ПКК. Для

більш розвиненої пожежі продуктивність ПКК може виявитися недостатньою (це питання досліджено в розділі 4).

Також у розділі 3 запропоновано математичну модель і описано алгоритм знаходження необхідної мінімально допустимої довжини рукава ПКК, який забезпечує доставку води в довільне місце приміщення. Запропонована процедура відшукування мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту є універсальною для одноповерхових приміщень зі стінами, які можуть бути описані ламаною лінією. Вхідними даними для наведеної моделі є лише координати вершин контуру приміщень та місцеположення точки підключення до водопровідної мережі самого ПКК.

З одного боку, короткий рукав не забезпечує подачу води в довільне місце приміщення, а отже обладнання приміщення пожежним кран-комплектom втрачає сенс. З іншого боку, як показано в розділі 2, надлишкова довжина рукава призводить до зменшення витрат води і сама по собі, а ще й також через неповне розгортання рукава. Тому необхідно для кожного з приміщень визначити оптимальну довжину рукава L , що пов'язує точку A підключення ПКК до водомережі та найвіддаленішу (по довжині рукава) точку B приміщення, тобто розв'язати оптимізаційну задачу

$$L_{AB} = \max_{L \subset \Omega} (\min L), \quad (11)$$

де Ω – внутрішній простір приміщення.

Будемо вважати, що кожна з n вершин багатокутника $\overline{\Omega}$, що описує границю внутрішньої області приміщення Ω , є вершиною графа. Місцеположення підключення ПКК до водопровідної мережі будемо вважати додатковою вершиною. Побудуємо алгоритм відшукування довжини рукава в чотири етапи.

На першому етапі з'єднаємо кожну вершину з кожною, уникаючи повторів. Всього отримаємо $n(n-1)$ неорієнтованих ребер. Для прикладу модельного приміщення, план якого наведено на рис. 6, таких буде більш ніж 1800, тому немає сенсу зображати настільки щільну мережу. На другому етапі перевіряємо, які з ребер перетинають контур багатокутника (тобто проходять крізь стіни). Перевірку на перетин робимо за допомогою методів обчислювальної геометрії. Вилучивши такі, ребра отримаємо граф, що зображено на рис. 6,а. На третьому етапі перевіримо, які з ребер знаходяться всередині стін. Для цього визначаємо координати середин кожного з ребер і перевіряємо, чи належать отримані точки неопуклому зв'язному багатокутнику, що описує внутрішній простір стін приміщення. Вилучивши такі ребра, отримаємо граф, що зображено на рис. 6,б. Таким чином отримуємо мережевий граф, який пов'язує між собою всі вершини контуру приміщення ребрами, уздовж яких фізично може проходити рукав ПКК.

Оскільки координати вершин контуру приміщення відомі, то відомі й відстані між ними. Тому на четвертому етапі застосовуємо алгоритм Дейкстра пошуку найкоротшої відстані між точкою A та кожною з вершин контуру приміщення. Серед обраних відстаней обираємо найбільшу – це і є шукана

найменша допустима довжина рукава ПКК. На рис. 6,б ламаною лінією АВ наведено дану конфігурацію.

Результати проведених досліджень модельних приміщень рівних габаритів, але різного внутрішнього планування в деяких випадках показали різницю в необхідній довжині рукава ПКК більш ніж в 1,4 рази. В деяких випадках 20-метрова довжина рукава не забезпечувала доставки води в найбільш віддалені точки приміщень із габаритами 25х15 метрів (за фіксованого місцеположення точки підключення ПКК). В такому випадку необхідно або збільшувати довжину рукава, що призводить до втрати напору, або змінювати місцеположення точки підключення ПКК, що потребує внесення коректив у планування внутрішньої водопровідної мережі й вирішення оптимізаційної задачі розміщення даної точки.

На рис.7 наведено приклад розрахунку необхідної довжини рукава для реального приміщення. Показано, що для варіантів А і В підключення ПКК різниця в допустимій довжині рукава може складати 1,7 м ($AC/BC=15,9\text{ м}/11,5\text{ м}$; $AF/BF=15,2\text{ м}/14,2\text{ м}$) навіть при 100 % ступені розгортання рукава.

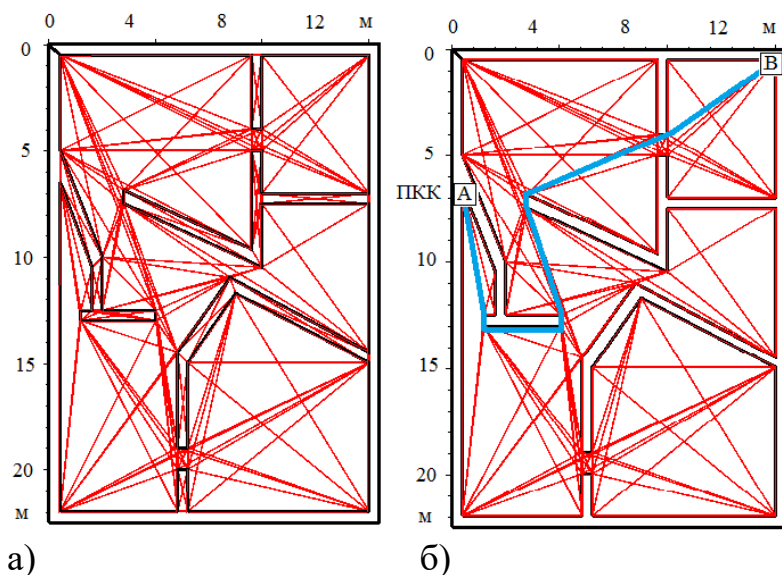


Рис. 6. Реалізація 2-4 етапів алгоритму для модельного приміщення

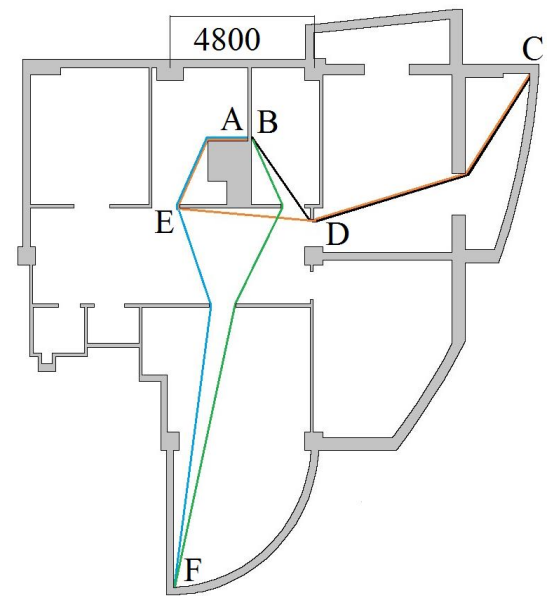
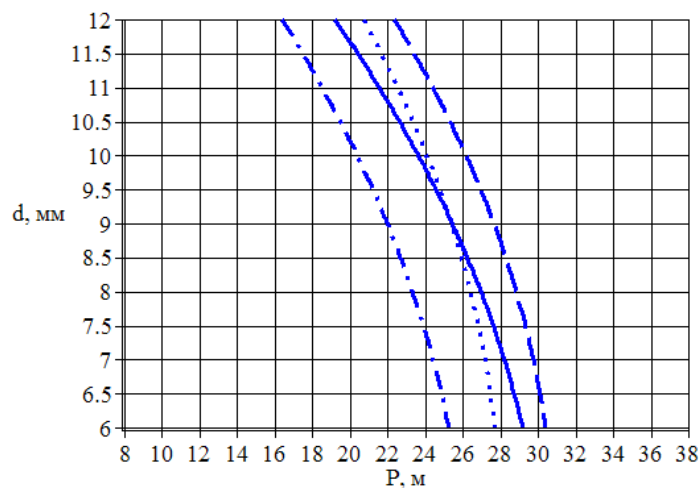


Рис. 7. Реалізація запропонованого алгоритму для реального приміщення

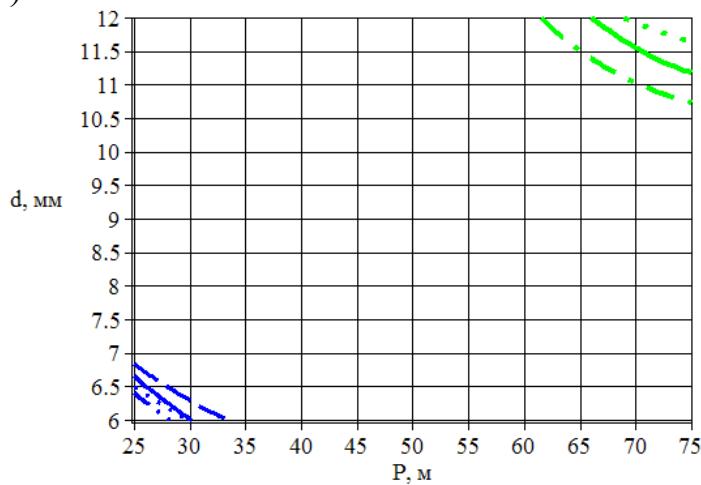
В четвертому розділі представлено розроблені пропозиції щодо умов використання ПКК у житлових будівлях та рекомендації для їх проектування.

Встановлюючи рівень витрат води 0,5 л/с та 2,5 л/с, можна отримати лінії перетину з поверхнею q , які можуть слугувати номограмами для визначення допустимих параметрів ПКК. Приклади таких номограм разом із легендою наведено на рис. 8.

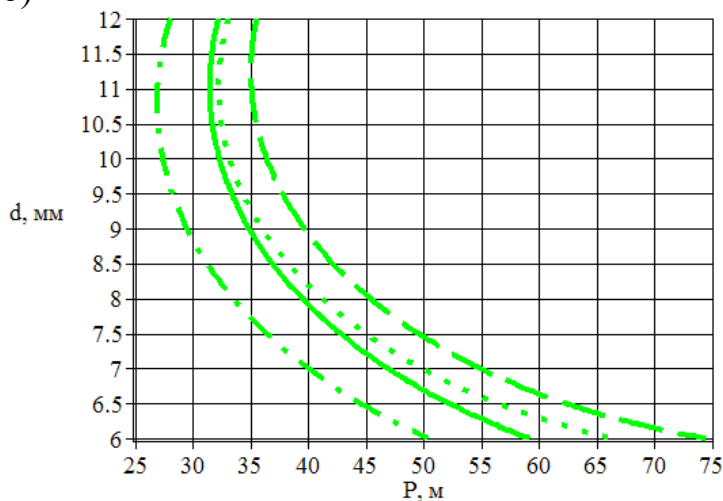
Використання запропонованих номограм дозволяє за заданого необхідного рівня витрат води з ПКК, відомих типу, діаметра та довжини рукава знайти співвідношення між фактичним тиском у водопровідній мережі та діаметром насадка розпорошувача.



а)



б)



в)

мережі й діаметру насадка є значно м'якішими – вони виконуються для області правого верхнього кута.

Наведені номограми дозволяють визначити доцільність комплектації ПКК складовими з тими чи іншими характеристиками за критерієм виконання нормативних вимог для витрат води. Для двох рівнів витрат $q_1=0,5$ л/с та $q_2=2,5$ л/с в табл. 2 помічені допустимі характеристики складових ПКК (для ступеня розгортання рукава 88 % та довжині 15 м при відповідних рівнях тиску).

Рис. 8. Приклади номограм для визначення припустимих параметрів ПКК для ПЗР діаметром: а) 19 мм; б) 25 мм; в) 33 мм

Наприклад, з рис. 8,а видно, що використання ПЗР діаметром 19 мм навіть мінімальної довжини 15 м та максимального ступеня розгортання 88 % у разі підключення ПКК до ГПВ недостатньо для забезпечення витрат води 2,5 л/с, а лише частково – для витрат 0,5 л/с (права частина номограми).

В той же час у разі підключення до ВПВ рукава ПЗР за діаметра 25 мм рівень витрат 2,5 л/с в найкращому випадку досягається лише при тиску в мережі 65–75 м за діаметра насадка 12–11 мм.

За діаметра ПЗР 33 мм (рис. 8,в) вимоги для тиску в

Таблиця 2

Доцільність комплектації ПКК за критерієм забезпечення нормативної витрати води (0,5 л/с / 2,5 л/с)

№	Діаметр рукава, мм	Тип рукава	Витрати води з ПКК, л/с при діаметрі насадка розпорошувача та відповідного* рівня тиску								
			6 мм			9 мм			12 мм		
			-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
1	19	ПЗР	0,26	0,47	0,66	0,31	0,51	0,69	0,39	0,58	0,76
2	19	НЖР	0,28	0,56	0,67	0,42	0,71	0,84	0,40	0,71	0,84
3	25	ПЗР	0,32	0,64	0,72	0,87	1,47	1,85	0,93	1,83	2,50
4	25	НЖР	0,21	0,48	0,47	0,82	1,35	1,62	0,91	1,71	2,25
5	25	ПЗР	1,06	1,09	1,10	1,84	2,11	1,24	2,31	2,80	2,17
6	25	НЖР	0,83	0,84	0,89	1,63	1,88	1,02	2,14	2,63	2,20
7	33	ПЗР	0,80	1,72	1,68	1,45	2,65	2,90	1,32	2,80	3,33
8	33	НЖР	0,79	1,72	1,47	1,60	2,97	3,15	1,29	3,08	3,70
9	33	ПЗР	2,57	2,98	2,26	3,28	3,78	3,14	3,40	3,97	3,42
10	33	НЖР	2,51	3,12	2,70	3,36	4,10	3,81	3,45	4,32	4,12

*Рівень тиску задається згідно план-матриці експерименту. Для № 1-4, 7, 8 (підключення до ГПВ) рівень -1 відповідає 8 м; рівень 0 відповідає 23 м; рівень 1 відповідає 38 м. Для № 5, 6, 9, 10 (підключення до ВПВ) рівень -1 відповідає 25 м; рівень 0 відповідає 50 м; рівень 1 відповідає 75 м.

Виявлено, що найгірший варіант комплектації ПКК при підключенні до ГПВ не забезпечує рівня витрат 0,5 л/с (помічено жирним шрифтом), а отже є доцільним лише у випадку встановлення в будівлях з мінімальним рівнем пожежного навантаження. В той же час рекомендований для успішного гасіння пожежі на початковому етапі рівень витрат 2,5 л/с забезпечується при підключенні до ВПВ при комплектації ПКК рукавами середнього і великого діаметру (помічено тонуванням). Більш того, спостерігається значне перевищення витрат води, а отже можна комплектувати ПКК таким чином, щоб знизити цей показник.

Запропоновано методику розрахунку і рекомендації щодо визначення характеристик складових ПКК, що забезпечують ефективне гасіння пожежі при зниженні фактичних витрат води до 73%.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі, яка є завершеним науковим дослідженням, наведено результати розв'язання актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності гасіння пожеж у житлових висотних будівлях на початковому етапі шляхом удосконалення характеристик пожежних кран-комплектів. При цьому отримано такі основні результати:

1. Проведений аналіз функціонування елементів систем внутрішнього водопостачання, які використовуються для гасіння пожеж у житлових висотних

будівлях, продемонстрував відсутність науково обґрунтованих вимог та методики визначення характеристик пожежних кран-комплектів та виявив необхідність впровадження диференційованого підходу при проектуванні ПКК з огляду на параметри приміщень і водопровідної мережі, з метою підвищення ефективності гасіння пожеж.

2. Визначено фактори, що впливають на ефективність застосування пожежних кран-комплектів у конкретних умовах їх експлуатації; експериментальним шляхом отримано регресійні моделі фактичних витрат води залежно від тиску у водопроводі, довжини та ступеня розгортання рукава, діаметра випускного отвору розпорошувача для різних типів ПКК. Показано, що фактичні витрати води можуть дорівнювати від 0,15 л/с за мінімального нормативного тиску в мережі та за найгірших умов використання (ступінь розгортання рукава ПКК та діаметр насадка розпорошувача найменші, довжина рукава найбільша) до 4,3 л/с – за максимального нормативного тиску в мережі та у разі найкращих умов використання ПКК. Також встановлено, що ПКК, приєднані до ВПВ, забезпечують подачу нормативних витрат води (0,5 л/с) в будь-якій комплектації, але використання розпорошувачів мінімального діаметра насадка є недоцільним. У випадку встановлення ПКК в будівлях з невеликим пожежним навантаженням (необхідні витрати води становлять близько 0,015 л/с) можна використовувати плоскостгнуті та напівжорсткі рукава діаметром 25 або 33 мм та розпорошувачі мінімального типорозміру за мінімального рівня гарантованого тиску в мережі.

3. Запропоновано математичну модель, алгоритм та програмне забезпечення для визначення мінімально допустимої довжини рукава ПКК для подавання води до кожної точки приміщення довільного планування. На прикладі показано, що застосування даної моделі може призводити до зменшення довжини рукава ПКК як мінімум на 1,7 м для кожного з помешкань, наслідком чого є економія матеріальних ресурсів, а також підвищення витрат води з ПКК.

4. Адаптовано існуючі моделі визначення необхідної кількості води для успішного гасіння пожежі на початковому етапі. Обґрунтовано максимально допустимий час початку гасіння пожежі, перевищення якого робить застосування ПКК недоцільним.

5. Запропоновано методику розрахунку і рекомендації щодо визначення характеристик складових ПКК, що забезпечують ефективне гасіння пожежі.

Рекомендований для успішного гасіння пожежі на початковому етапі рівень витрат 2,5 л/с забезпечується при підключенні до ВПВ при комплектації ПКК рукавами середнього і великого діаметру. В деяких випадках спостерігається значне перевищення витрат води (до 73%), а отже можна комплектувати ПКК таким чином, щоб знизити цей показник.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Щербак С.Н. Использование внутреннего водоснабжения для эффективного тушения пожаров в жилых зданиях / С.Н. Щербак // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУЦЗУ, 2014. – Вип. 36. – С. 279–286.

2. Петухова О.А. Дослідження характеристик пожежних кран-комплектів / О.А. Петухова, С.А. Горносталь, С.М. Щербак // Проблеми пожежної безпеки. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – Вип. 37. – С. 154–159.

3. Петухова О.А. Визначення втрат напору плоскогортнутих рукавів, якими комплектуються пожежні кран-комплекти / О.А. Петухова, С.М. Щербак // Проблеми пожежної безпеки. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – Вип. 39. – С. 196–200.

4. Петухова О.А. Обґрунтування вибору характеристик складових пожежного кран-комплекту / О.А. Петухова, С.А. Горносталь, С.М. Щербак // Проблеми пожежної безпеки. – Х.: НУЦЗУ, 2017. – Вип. 42. – С. 95–100.

5. Рябова І.А. Дослідження гідродинамічних характеристик елементів захисту харчових виробництв / І.Б. Рябова, О.А. Петухова, С.А. Горносталь, С.М. Щербак // Моделювання комбінованих процесів переносу. Оптимізація обладнання і систем. Наукові праці, том 82, випуск 1. – Одеса: ОНАХТ, 2018. – С. 72–76.

6. Петухова О.А. Спосіб визначення витрат води з пожежних кран комплектів висотних житлових будівель / О.А. Петухова, С.А. Горносталь, С.М. Щербак // Проблеми пожежної безпеки. – Х.: НУЦЗУ, 2018. – Вип. 43. – С. 136–141.

Статті у іноземних виданнях

7. Горносталь С.А. Исследование условий эффективного применения пожарных кран-комплектов в высотных жилых зданиях / С.А. Горносталь, Е.А. Петухова, С.Н. Щербак, Е.А. Шаповалова // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V(15), Issue: 140, 2017.– С. 56–59 (Index Copernicus).

8. Щербак С. Визначення мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту / С. Щербак, О. Петухова, О. Тарасенко // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(24), Issue: 200, 2019.– С. 65–67 (Index Copernicus).

Патенти

9. Пат. 121788 Україна, МПК А 62 С 35/20. Спосіб визначення витрат води з пожежних кран-комплектів висотних житлових будівель / Петухова О.А., Горносталь С.А., Щербак С.М., заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № 20170788. Заяв. 20.07.2017; Надр. 11.12.2017; Бюл. 23. – 4 с.

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Петухова Е.А. Использование внутреннего водоснабжения для эффективного тушения пожаров в жилых зданиях / Е.А. Петухова, С.Н. Щербак // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. V Всероссийська наук.-прак.конф., 18 квітня 2014 р.: тезиси докладов. – Воронеж, РФ, 2014. – С.53–56.

11. Щербак С.М. Використання пожежних кран-комплектів для гасіння пожеж у висотних житлових будівлях / С.М. Щербак, О.А. Петухова,

С.А. Горносталь // Технології захисту – 2014: Всеукраїнська наук.-практ. конф. рятувальників, 23–24 вересня 2014 р.: тези доп. Київ, 2014. – С. 333–335.

12. Щербак С.М. Умови використання пожежних кран-комплектів для гасіння пожеж у висотних житлових будівлях / С.М. Щербак, О.А. Петухова // Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи: Міжнар. наук-практ. конф., 02-03 жовтня 2014 р.: тези доп. – Х., 2014. – С. 294–296.

13. Петухова Е.А. Анализ требований нормативных документов к характеристикам элементов пожарных кран-комплектов / Е.А. Петухова, С.Н. Щербак // Забезпечення пожежної та техногенної безпеки: Всеукр. наук-практ. конф., 30–31 жовтня 2014 р.: тези доп. – НУЦЗУ, 2014. – С. 125–127.

14. Петухова Е.А. Внутреннее водоснабжение жилых зданий – составляющая эффективного тушения пожара / Е.А. Петухова, С.Н. Щербак // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Міжнар. наук-практ. конф., 12–13 грудня 2014 р.: тези доп. – Черкаси, 2015. – С. 186–188.

15. Петухова Е.А. Визначення опору рукавів пожежних кран-комплектів / Е.А. Петухова, С.Н. Щербак, С.В. Стаюльський // Наукове забезпечення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів (теорія та практика): Всеукр. наук.-практ. конф., 12 березня 2015 р.: тези доп. – Х., 2015. – С. 131–171.

16. Щербак С.М. Эффективное тушение пожаров в жилых зданиях с использованием внутреннего водоснабжения / С.М. Щербак, Е.А. Петухова // Нурлы жол – путь в будущее: Міжнар. наук-практ. конф., 25 березня 2015 р.: тези доп. – Кокшетау, Республіка Казахстан, 2015. – С. 194–197.

17. Щербак С.М. Визначення витрат води з пожежних кран-комплектів / С.М. Щербак, Е.А. Петухова // Безопасность жизнедеятельности в XXI веке: Всеукр. наук.-практ. конф., 14–15 квітня 2016 р.: тези доп. – Дніпро, 2016. – С. 22–23.

18. Щербак С.М. Алгоритм определения характеристик пожарных кран-комплектов и разработка программного комплекса по его реализации / С.М. Щербак, А.Ю. Огороднийчук, Д.А. Онищенко // Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы: Міжнар. наук-практ. конф., 17 березня 2017 р.: тези доп. – Кокшетау, Республіка Казахстан, 2017. – С. 315–317.

19. Щербак С.М. Визначення характеристик обладнання пожежних кран-комплектів для заданої житлової будівлі / С.М. Щербак, Е.А. Петухова // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Міжнар. наук-практ. конф., 18–19 травня 2017 р.: тези доп. – Х., 2017. – С. 137–139.

20. Щербак С.М. Спосіб визначення витрат води з пожежних кран-комплектів висотних житлових будівель / С.М. Щербак, О.А. Петухова, С.А. Горносталь // Пожежна безпека: проблеми та перспективи: Всеукраїнська наук.-практ. конф., 1–2 березня 2018 р. тези доп. – Х., 2018. – С. 80-82.

21. Рябова І.Б. Дослідження гідродинамічних характеристик елементів захисту харчових виробництв / І.Б. Рябова, Е.А. Петухова, С.А. Горносталь, С.Н. Щербак // Удосконалення процесів обладнання харчових і хімічних виробництв. XVII Міжнар. наук.-практ. конференція, 3–8 вересня 2018 р.: тези доп.

– Одеса, ОНАХТ – 2018 р. – С. 12-13.

22. Щербак С.Н. Определение характеристик составляющих пожарных кран-комплектов в зависимости от условий их использования / С.Н. Щербак // Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны: Міжнар. наук.-практ. конф., 15 марта 2019 р.: тез доп. – Кокшетау, Республика Казахстан, 2019. – С. 315–317.

АНОТАЦІЯ

Щербак С.М. Підвищення ефективності гасіння пожеж в житлових будівлях шляхом удосконалення характеристик системи внутрішнього водопостачання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – «Пожежна безпека». Національний університет цивільного захисту України, Харків, 2019.

На основі проведених серій експериментальних досліджень з визначення впливу на витрати води величини тиску, ступеня розгортання і довжини рукава, діаметра насадка розпорошувача для плоскозгорнутих і напівжорстких рукавів різного діаметра отримано регресійні залежності. Аналіз отриманих залежностей дозволив виявити найбільш значущі фактори і, відповідно, отримати їх критичні значення у вигляді номограм, використання яких дозволяє оцінити параметри пожежних кран-комплектів, які забезпечують подачу необхідної кількості води для ліквідації пожежі самими мешканцями житлових висотних будівель.

Запропоновано математичну модель та алгоритм відшукування необхідної мінімально допустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту, який забезпечує доставку води в довільне місце приміщення залежно від його внутрішньої архітектури.

Обґрунтовано максимально припустимий час початку гасіння пожежі, перевищення якого робить застосування пожежного кран-комплекту недоцільним.

Ключові слова: пожежний кран-комплект, висотна житлова будівля, ефективність гасіння пожежі.

АННОТАЦИЯ

Щербак С.Н. Повышение эффективности тушения пожаров в жилых зданиях путем усовершенствования характеристик системы внутреннего водоснабжения. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02. – «Пожарная безопасность». Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, 2019.

На основе проведенных серий экспериментальных исследований по определению влияния на расходы воды величины давления, степени развертывания и длины рукава, диаметра насадка распылителя для плоскозвернутых и полужестких рукавов различного диаметра получены регрессионные зависимости. Анализ полученных зависимостей позволил выявить

наиболее значимые факторы и, соответственно, получить их критические значения в виде номограмм, использование которых позволяет оценить параметры пожарных кран-комплектов, которые обеспечивают подачу необходимого количества воды для ликвидации пожара самими жителями жилых высотных зданий.

Предложена математическая модель и алгоритм определения необходимой минимально допустимой длины рукава пожарного кран-комплекта, который обеспечивает доставку воды в произвольное место помещения в зависимости от его внутренней архитектуры.

Обосновано максимально допустимое время начала тушения пожара, превышение которого делает применение пожарного кран-комплекта нецелесообразным.

Ключевые слова: пожарный кран-комплект, высотное жилое здание, эффективность тушения пожара.

ABSTRACT

Shcherbak S.M. Improving the extinguishing of fires in residential buildings by improving the characteristics of domestic water supply system. - The manuscript.

The dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.02. - "Fire safety". National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkiv, 2019.

The dissertation, which is a completed scientific research, presents the results of solving the actual scientific and practical problem of increasing the efficiency of fire extinguishing in residential high-rise buildings at an initial stage by improving the characteristics of fire crane kits. The following main results were obtained:

The analysis of the functioning of the elements of inland water supply systems used for extinguishing fires in residential high-rise buildings, showed the lack of scientifically substantiated requirements and methods of determining the characteristics of fire crane kits and identified the need to introduce a differentiated approach to the design of water supply systems to increase the effectiveness of fire fighting.

Based on the series of experimental studies to determine the effect on pressure of water of pressure, degree of deployment and length of the sleeve, the diameter of the nozzle of the nozzle for flat-rolled and semi-rigid hoses of various diameters, regression dependencies were obtained. The analysis of the obtained dependences made it possible to identify the most significant factors and, accordingly, to obtain their critical values in the form of nomograms, the use of which allows us to evaluate the parameters of fire-fighting crane sets that provide the necessary amount of water to eliminate the fire by the residents of residential high-rise buildings themselves.

A mathematical model and an algorithm for finding the required minimum allowable length of the sleeve of a fire-fighting crane kit is proposed, which ensures the delivery of water to an arbitrary place of the room, depending on its internal architecture.

The maximum permissible start time for extinguishing a fire is justified, the exceeding of which makes the use of a fire crane kit inappropriate.

Key words: fire crane-set, high-rise residential building, fire fighting efficiency.