

## УДК 614.8

*О. А. Петухова<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, заст. нач. каф. (ORCID 0000-0002-4832-1255)*

*С. А. Горносталь<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, ст. викл. (ORCID 0000-0003-0789-7669)*

*С. М. Щербак<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, ст. викл. (ORCID 0000-0003-1133-0120)*

*Г. М. Левенко<sup>2</sup>, к.т.н., доц. каф. (ORCID 0000-0002-5944-9529)*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна*

## РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДО РОЗТАШУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ В ПЛАНІ БУДІВЛІ

Запропоновано та обґрунтовано підхід до розташування пожежних кран-комплектів в плані будівлі, що є одним з основних напрямків реалізації забезпечення необхідного рівня її системи протипожежного захисту. Визначено, що при розташуванні пожежних кран-комплектів обов'язковою умовою є забезпечення зрошення кожної точки приміщення необхідною кількістю струменів, що впливає на успішність використання внутрішнього протипожежного водопроводу для гасіння пожежі. Досліджено параметри, що впливають на розташування та кількість пожежних кран-комплектів в будівлі. Показано, що при використанні пожежних рукавів максимальної довжини, збільшується радіус дії пожежного кран-комплекту та відповідно зменшується їх необхідна кількість. Діаметр пожежного рукава впливає на витрати води, що одержуються з кран-комплекту та повинні бути не менш нормативних. Показано, що при виборі кількості пожежних кран-комплектів окрім характеристик їх обладнання необхідно враховувати конструктивні особливості приміщення та нормативну кількість струменів, що значно впливає на економічну складову. Досліджено принципи розміщення основних та додаткових пожежних кран-комплектів для різної кількості струменів на кожну точку приміщення. На підставі аналізу параметрів, які впливають на кількість пожежних кран-комплектів в плані будівлі, запропоновано підхід до розміщення ПКК за принципом їх обґрунтованої достатності. Встановлено ефективність запропонованого підходу до розміщення пожежних кран-комплектів. Оцінка ефективності запропонованого підходу до розміщення пожежних кран-комплектів показала, що обґрунтування рішення щодо кількості основних та додаткових пожежних кран-комплектів в будівлі дозволяє забезпечити виконання вимог нормативних документів щодо зрошення кожної точки приміщення необхідною кількістю струменів, не збільшуючи їх кількість та вартість всієї системи протипожежного захисту.

**Ключові слова:** внутрішній протипожежний водопровід, пожежний кран-комплект, витрати води, протипожежний захист

### 1. Вступ

Внутрішній протипожежний водопровід (ВПВ) є складовою системи протипожежного захисту, яка є обов'язковою до влаштування в більшості будівель будь-якого призначення. Статистика використання ВПВ в порівнянні зі статистикою пожеж свідчить про те, що обладнання будівель такими системами найчастіше є виконанням вимог нормативних документів, а не влаштуванням пристроїв для реального використання для гасіння пожеж. Цей факт знижує зацікавленість науковців у проведенні досліджень з покращення характеристик системи внутрішнього водопостачання та окремих її елементів. Але аналіз економічних затрат на реалізацію вимог нормативних документів, які для багатьох конкретних варіантів будівель не є однозначними, підтверджує необхідність та доцільність дослідження питань, що стосуються ВПВ. Крім того, ця система при правильному проектуванні, будівництві та експлуатації є ефективним засобом реагування на пожежу одразу після її виникнення. Застосування елементів ВПВ дозволяє знизити негативні наслідки від пожежі та зменшити імовірність людських жертв. Таким чином, забезпечення відповідного рівня протипожежного захисту залишається проблемним питанням на теперішній час, що може бути розв'язано за рахунок реалізації обґрунтованого під-

ходу до розташування елементів внутрішнього протипожежного водопроводу, як складової частини системи протипожежного захисту будівель.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Необхідність влаштування системи внутрішнього протипожежного водопостачання обумовлюється типом будівель за призначенням, їх об'ємно-планувальними та конструктивними характеристиками, а для будівель виробничого призначення – ступенем вогнестійкості і категорією за пожежною та вибухопожежною небезпекою, та регламентується вимогами ДБН В 2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». Аналіз досвіду багаторічного використання ВПВ для захисту та пожежогасіння будівель та споруд показав, що питанням вдосконалення таких систем приділяється значна увага науковцями світу.

Одним із напрямків є забезпечення ефективної експлуатації систем внутрішнього протипожежного водопроводу. Це може досягатися використанням водно-силікатних розчинів, що додаються до води під час проведення планових регламентних робіт, які утворюють захисну плівку на внутрішній поверхні трубопроводу і зменшують біологічне заростання трубопроводу [1]. Але для реалізації запропонованого методу недостатньо досліджено вид розчину та його оптимальна концентрація.

Іншим напрямком вдосконалення системи ВПВ є впровадження нових методик розрахунку та використання інформаційних технологій на стадії проектування. В [2] розглянуто методику визначення витрат води на пожежогасіння та кількості пожежних кран-комплектів в залежності від типів будівель за функціональним призначенням з урахуванням одночасного використання пожежних кранів на пожежогасіння. В роботі [3] запропоновано нові графічні алгоритми планування, а саме розміщення насосних станцій, прокладання мереж в умовах різних вихідних даних, з використанням інформаційних технологій. Нерозв'язаним залишилося питання визначення місць розташування самих пожежних кран-комплектів.

Реалізація диференціювання систем ВПВ в залежності від типу будівлі розглянута в роботі [4], де представлено аналіз діючих вимог до установок водопостачання в громадських та житлових будівлях, статистичні дані про розміри пожеж та реальне споживання води під час їх ліквідації. Виявлено, що до офіційної статистики входять невеликі пожежі, де води використовується відносно незначна кількість. Виконане порівняння фактичних витрат води, необхідних для гасіння пожежі пожежною службою, з вимогами нормативних документів, зроблений висновок щодо завищення останніх для будівель, що розглядалися. Питання щодо обладнання, що забезпечує подачу необхідних витрат води не розглядалися.

Дослідження основних характеристики обладнання внутрішнього протипожежного водопроводу проведено в [5, 13]. Запропоновано порядок вибору характеристик додаткових пожежних кран-комплектів та визначення витрат води з них, при використанні напівжорстких рукавів різної довжини, зміні ступеня їх розгортання та довірливих значень тиску у водопровідній мережі. Питання розташування ПКК та зв'язок цього з характеристиками ПКК не розглядалися.

Загальний аналіз систем водопостачання, їх складових та методів їх оцінки проведений в роботі [6]. Наведені приклади розрахунків та вибору типів, конструкцій елементів на підставі їх оцінки різноманітними методами.

Визначення напрямків забезпечення відповідного рівня протипожежного захисту висотних будівель розглянуто в [7] на прикладі висотних житлових будівель Гонконгу. Наведені загальні відомості щодо ролі та завдань, які стоять перед пожежними службами у питаннях профілактики та боротьби з пожежами в таких будівлях. Основна увага приділена дотриманню вимог до проектування та експлуатації систем протипожежного захисту, що зможе забезпечити зниження можливості виникнення пожеж в висотних житлових будівлях та наслідків від них.

Продовженням досліджень з покращення систем ВПВ висотних будівель за рахунок вдосконалення способів розрахунку систем та її елементів є робота [8], в якій проаналізовано вимоги облаштування висотних будівель внутрішньоквартирними пожежними кран-комплектами. За результатами аналізу визначено відсутність в нормативних документах детальних характеристик пожежного ствола (гідравлічного опору ствола), яким повинні облаштовуватись внутрішньоквартирні пожежні кран-комплекти, а також рекомендацій по проведенню гідравлічних розрахунків систем протипожежного водопостачання висотних будівель з урахуванням втрат напорів на пожежному кран-комплекті. Показано, що на значення витрати з кран-комплекту крім тиску на ньому, в значній мірі впливає й ступінь випуску рукава з катушки. Аналогічні питання щодо елементів основних пожежних кран-комплектів не визначені.

Також питання методів розрахунку витрат води для гасіння пожеж розглянуті в [9] в контексті тактики пожежної служби. Визначено, що основним моментом у плануванні операцій пожежної служби є забезпечення достатнього запасу води для гасіння пожеж, що в свою чергу є значною інфраструктурною вартістю, оскільки вимоги щодо пожежогасіння переважають у розмірах елементів мережі. Обґрунтовано необхідність використання методології, яка підтримує підхід протипожежної інженерії, на основі ефективності. Покладений початок підходу визначення достатності елементів системи водопостачання на підставі економічних показників.

При вдосконаленні систем ВПВ може виникнути питання щодо врахування особливостей будівлі не лише за призначенням. В роботі [10] розглянуті питання управління пожежними кран-комплектами та спринклерними системами у приміщеннях будівель, що будуються з урахуванням самотутньої культури та дизайну, з влаштуванням на дахах садів та інше. Проведений аналіз показав, що це обмежує гідравлічні характеристики ВПВ, що негативно впливає на ефективність його використання.

Напрямок забезпечення ефективного функціонування системи ВПВ є реалізація підходу тестування витрат води та тиску з точки зору надійності та імовірність того, що водопостачання буде саме там та в той час, коли це буде потрібно [11]. Запропоновано процедури тестування потоку з подальшим маніпулюванням результатами, отриманими під час тестування в різних точках системи або при різних витратах. Підкреслено, що лише за допомогою частих перевірок можна визначити достатність і надійність водопостачання, що гарантується їх визначеною періодичністю з коригуванням на сезонні коливання.

Узагальненим підходом можна вважати результати досліджень авторів роботи [12], спрямованих на способи стримування поширення пожежі шляхом забезпечення належного пасивного та активного протипожежного захисту. Продемонстровано, що достатню кількість води для гасіння пожеж можна представити на градієнті, починаючи від меншої кількості для житлових будівель,

далі – для офісів або комерційних будівель змішаного призначення, та найбільшої кількості води – для промислових та складських приміщень. Представлений розрахунок достатньої кількості води для захисту спринклерними установками та звичайними системами ВПВ для водозаповнених та сухотрубних систем.

Таким чином, аналіз показав, що впровадження результатів досліджень за цими напрямками дозволяє для конкретних умов експлуатації запроєктувати та побудувати систему ВПВ з відповідними показниками її функціонування. При цьому основним шляхом реалізації залишається принцип надлишковості, що призводить до збільшення вартості системи захисту та, відповідно, знижує доцільність її застосування. На даному етапі відсутні чіткі рекомендації по визначенню достатності елементів ВПВ, а саме пожежних кран-комплектів (ПКК), при їх розміщенні в плані поверху та в будівлі. Проведення таких досліджень є вкрай важливим при розробці нових проєктів будівництва з метою підвищення ефективності реагування на пожежу. Важливою та невирішеною частиною проблеми протипожежного захисту залишається дослідження особливостей розташування протипожежного обладнання в плані будівлі таким чином, щоб забезпечити захист кожної точки приміщення та при цьому прийняти економічно-обґрунтоване рішення по кількості обладнання.

### **3. Мета та завдання дослідження**

Метою роботи є розробка підходу до розміщення пожежних кран-комплектів в плані будівлі за принципом обґрунтованого вибору їх кількості та забезпечення ефективності гасіння пожежі.

Для досягнення мети роботи сформульовано наступні завдання:

- дослідити параметри, що впливають на розташування та кількість пожежних кран-комплектів в будівлі;
- дослідити принципи розміщення основних та додаткових ПКК для різної кількості струменів на кожну точку приміщення;
- встановити ефективність запропонованого підходу до розміщення пожежних кран-комплектів.

### **4. Дослідження параметрів, що впливають на розташування пожежних кран-комплектів**

Пожежні кран-комплекти (ПКК) є складовою ВПВ як елементу системи протипожежного захисту будівель різного призначення. У шафах пожежних кран-комплектів разом з пожежним кран-комплексом діаметром 50 мм або 65 мм, необхідно встановлювати пожежний кран-комплект діаметром 25 мм. У квартирах житлових будинків умовною висотою понад 47 м в якості первинного пристрою пожежогасіння слід передбачати встановлення внутрішнього квартирної пожежного кран-комплекту відповідно до вимог ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки» та ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі» в комплектації, що забезпечує можливість подавання води у будь-яку точку квартири з урахуванням струменя води 3 м.

Визначення кількості пожежних кран-комплектів виконується в два етапи:

- визначається кількість ПКК на одному поверсі;
- визначається загальна кількість ПКК в будівлі.

Для забезпечення умов зрошення приміщення необхідною кількістю струменів пожежні кран-комплекти повинні встановлюватися один від одного на відстані не більше:

$$L_{\text{ПКК}} = k \sqrt{(R_{\text{кпр}} + l_p)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2}, \text{ м}, \quad (1)$$

де  $L_{\text{ПКК}}$  – максимальна відстань між ПКК, м;  $k=1$  – при зрошенні кожної точки приміщення двома струменями;  $k=2$  – при зрошенні кожної точки приміщення одним струменем;  $l_p$  – довжина пожежного рукава, м;  $b$  – ширина будівлі, м;  $R_{\text{кпр}}$  – проекція радіуса компактної частини струменя, що визначається за формулою:

$$R_{\text{кпр}} = \sqrt{R_{\text{к факт}}^2 - (z_{\text{пов}} - 1,35)^2}, \text{ м}, \quad (2)$$

де  $R_{\text{к факт}}$  – фактичний радіус компактної частини струменя, м;  $z_{\text{пов}}$  – висота поверху (приміщення), м; 1,35 – висота встановлення ПКК над підлогою, м.

Залежність відстані між ПКК від висоти та ширини приміщення, яка розрахована за допомогою формули (1), показана на рис. 1. Розрахунок проведено для пожежних рукавів довжиною 10, 15 та 20 м.

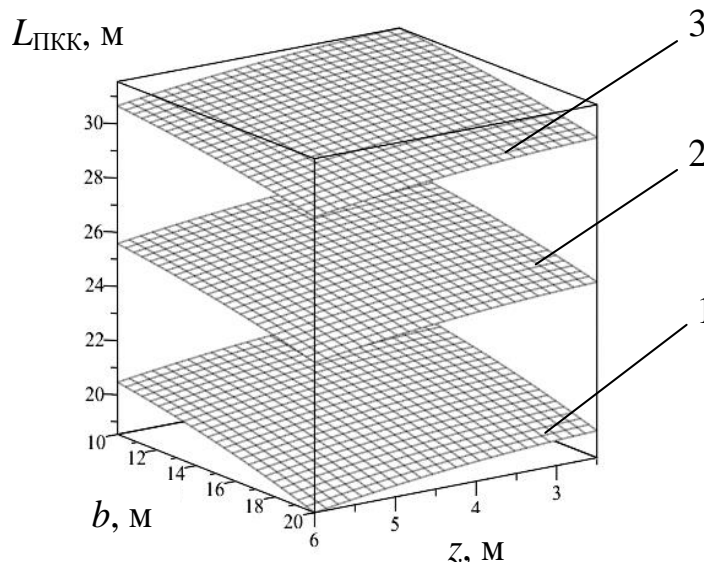


Рис. 1. Залежність максимально можливої відстані між ПКК ( $L_{\text{ПКК}}$ ) від ширини ( $b$ ) та висоти ( $z$ ) приміщення (за умовою половини ширини приміщення) для пожежних рукавів довжиною: 1- 10 м, 2 – 15 м, 3 – 20 м

Аналіз отриманого результату надає змогу стверджувати, що при збільшенні розмірів приміщення зменшується відстань між ПКК. Так, для рукавів довжиною 10 м при ширині приміщення 20 м та висоті 6 м максимально можлива відстань складає 18,54 м. При тих самих розмірах приміщення та довжині рукава 20 м максимально можлива відстань складає 29,4 м. Однак, за конструктивними особливостями та об'ємно-планувальними рішеннями будівлі можуть бути такими, що захист половини ширини приміщення за допомогою ПКК неможливий. В такому випадку максимальна відстань між ПКК значно зменшується (рис.2), та для рукавів довжиною 10 м при ширині приміщення 20 м та висоті 6 м максимально можлива відстань складає 6,6 м, а для рукавів довжиною 20 м – 23,8 м.

При розташуванні ПКК в плані будівлі важливим параметром є радіус дії ПКК, що враховує характеристики приміщення та обладнання ПКК:

$$R_{\text{ПКК}} = R_{\text{кпр}} + l_p, \text{ м}, \quad (3)$$

де  $R_{\text{ПКК}}$  – радіус дії ПКК, м.

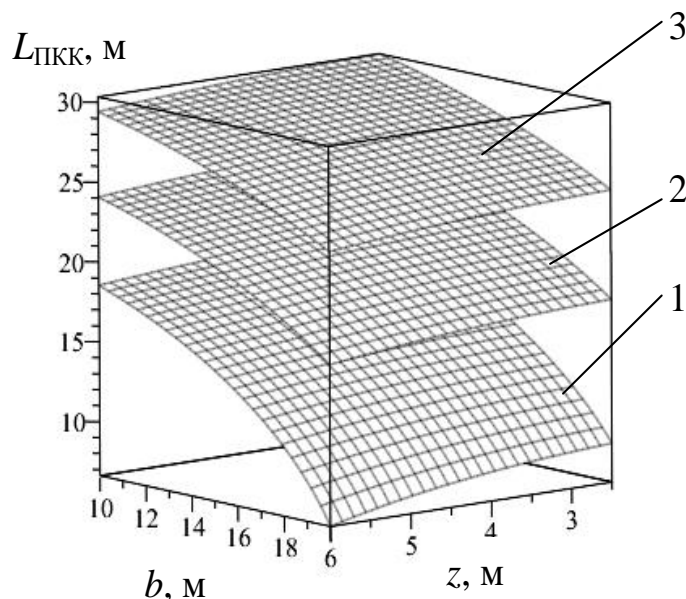


Рис. 2. Залежність максимально можливої відстані між ПКК ( $L$ ) від ширини ( $b$ ) та висоти ( $z$ ) приміщення (за умовою захисті всієї ширини приміщення) для пожежних рукавів довжиною: 1- 10 м, 2 – 15 м, 3 – 20 м.

Результати дослідження впливу висоти поверху та радіусу компактної частини струменю на радіус дії ПКК наведено на рис. 3.

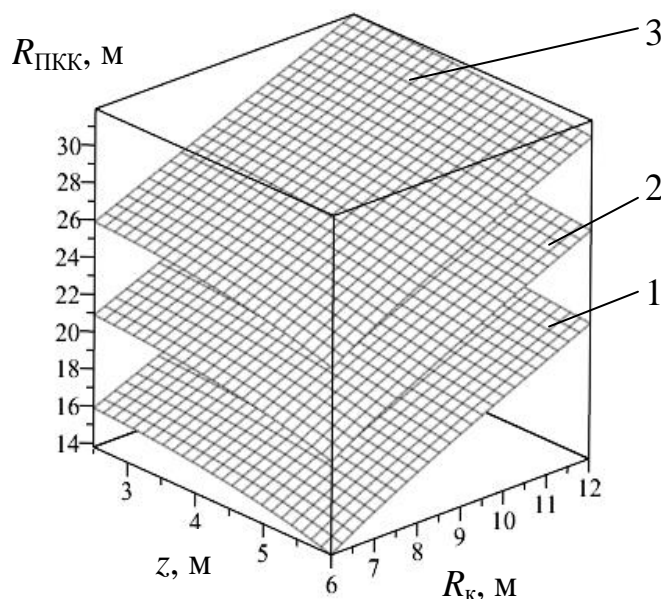


Рис. 3. Залежність радіусу дії ПКК ( $R_{\text{ПКК}}$ ) від радіусу компактної частини струменю ( $R_{\text{к}}$ ) та висоти ( $z$ ) приміщення

Аналіз результатів на рис. 3 показав, що збільшення висоти приміщення оказує незначний вплив на радіус дії ПКК. Для пожежних рукавів довжиною 10 м при мінімальній висоті приміщення та довжині компактної частини струменю радіус дії ПКК дорівнює 15,9 м, при максимальних значеннях його довжина зменшується до 21 м. Для пожежних рукавів довжиною 20 м при мінімальній висоті приміщення та довжині компактної частини струменю радіус дорівнює 25,9 м, при максимальних значеннях його довжина зменшується до 31 м.

Порівняльний аналіз значень максимальної відстані між ПКК та радіусу їх дії свідчить про те, що значення останнього параметра при інших рівних умовах більші, а відповідно необхідна кількість ПКК для захисту приміщення зменшується. Але при розташуванні ПКК за принципом, який орієнтований на величину радіуса їх дії, для багатьох об'ємно-планувальних рішень будівель складається ситуація, що не забезпечується зрошення кожної точки приміщень необхідною кількістю струменів, тобто умови захисту не виконуються. Це є наслідком того, що при визначенні радіуса дії ПКК не враховуються умови захисту приміщення: за половиною ширини або повну ширину приміщення.

Отримані результати показують, що обладнання ПКК з найбільшою довжиною пожежного рукава, дозволяють збільшити охоплення приміщення та забезпечити його зрошення нормативною витратою. Однак при виборі кількості ПКК треба враховувати конструктивні особливості приміщення, нормативну кількість струменів, обладнання ПКК.

### 5. Дослідження принципу розміщення пожежних кран-комплектів

Щоб визначити кількість ПКК в плані будівлі необхідно враховувати наступне:

- відстань між ПКК повинна бути не більше  $L_{ПКК}$ ;
- кількість повинна бути такою, щоб кожна точка приміщення зрошувалась кількістю струменів, не меншою за нормативну.

При визначенні необхідної кількості ПКК по довжині будівлі пропонується керуватися наступними розрахунками. Якщо кількість струменів на кожну точку приміщення – один, кількість ПКК по довжині будівлі визначається:

- а) визначається радіус дії ПКК (3);
- б) радіус дії ПКК порівнюється з розмірами поверху:
  - за умовою:

$$(a/2) \leq R_{ПКК} \leq (b/2),$$

де  $a$  – довжина будівлі, м;

кількість ПКК на одному поверсі приймається 1.

Приклад:  $a = 45$  м,  $b = 15$  м,  $R_{к пр.} = 11,89$  м,  $L_{ПКК} = 51,64$  м,  $l_p = 15$  м.

Розрахунок:  $R_{ПКК} = R_{к пр.} + l_p = 11,89 + 15 = 26,89$  м, таким чином, умова  $(a/2) \leq R_{ПКК} \leq (b/2)$  виконується:  $(45/2) \leq 26,89 \leq (15/2)$ , тобто на кожному поверсі встановлюється 1 ПКК (рис.4).

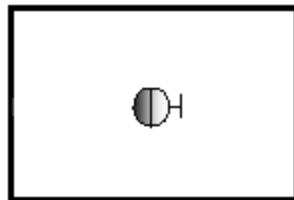


Рис. 4. Розташування одного ПКК в плані будівлі при одному струмені на кожну точку приміщення

– за умовою:

$$(a/2) > R_{ПКК},$$

кількість ПКК на одному поверсі визначається:

$$n_{\text{ПКК}} = (a / L_{\text{ПКК}}) + 1.$$

Приклад:  $a = 60$  м,  $b = 15$  м,  $R_{\text{к пр.}} = 11,89$  м,  $L_{\text{ПКК}} = 51,64$  м,  $l_p = 15$  м.

Розрахунок:  $R_{\text{ПКК}} = R_{\text{к пр.}} + l_p = 11,89 + 15 = 26,89$  м, таким чином, умова  $(a/2) \leq R_{\text{ПКК}} \leq (b/2)$  не виконується, а виконується умова  $(a/2) > R_{\text{ПКК}}$ :  $(60/2) > 26,89$ , тобто кількість ПКК на одному поверсі визначається:  $n_{\text{ПКК}} = (60/51,64) + 1 = 2,16 \approx 3$  ПКК (рис. 5).

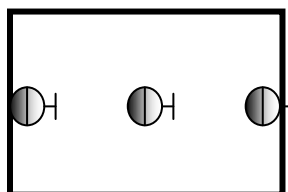


Рис. 5. Розташування трьох ПКК в плані будівлі при одному струмені на кожну точку приміщення

Якщо кількість струменів на кожну точку приміщення – два, кількість ПКК по довжині будівлі визначається:

$$n_{\text{ПКК}} = (a / L_{\text{ПКК}}) + 1.$$

Приклад:  $a = 45$  м,  $L_{\text{ПКК}} = 25,82$  м.

Розрахунок: кількість ПКК на одному поверсі визначається:  $n_{\text{ПКК}} = (45/25,82) + 1 = 2,74 \approx 3$  ПКК (рис. 6).

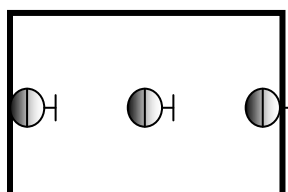


Рис. 6. Розташування трьох ПКК в плані будівлі при двох струменях на кожну точку приміщення

Якщо кількість струменів на кожну точку приміщення – три, кількість ПКК по довжині будівлі визначається однаково з визначенням для двох струменів, але встановлюються спарені ПКК через один від визначеної величини.

Приклад:  $a = 45$  м,  $L_{\text{ПКК}} = 25,82$  м.

Розрахунок: кількість ПКК на одному поверсі визначається:  $n_{\text{ПКК}} = (45/25,82) + 1 = 2,74 \approx 3$  ПКК, але кожний другий ПКК встановлюється спареним (рис. 7).

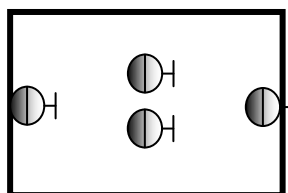


Рис.7. Розташування чотирьох ПКК в плані будівлі при трьох струменях на кожну точку приміщення



Якщо кількість струменів на кожную точку приміщення – чотири, кількість ПКК по довжині будівлі визначається однаково з визначенням для двох струменів, але всі ПКК встановлюються спареними, тобто їх кількість збільшується вдвічі.

Приклад:  $a = 45$  м,  $L_{\text{ПКК}} = 25,82$  м.

Розрахунок: кількість ПКК на одному поверсі визначається:  $n_{\text{ПКК}} = (45/25,82) + 1 = 2,74 \approx 3$  ПКК, але кожен ПКК встановлюється спареним (рис. 8).

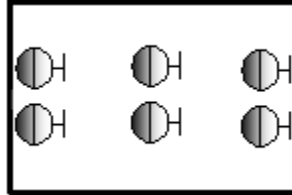


Рис. 8. Розташування шістьох ПКК в плані будівлі при чотирьох струменях на кожную точку приміщення

Загальна кількість ПКК в будівлі визначається:

$$N_{\text{ПКК}} = n_{\text{пов}} \cdot n_{\text{ПКК}},$$

де  $n_{\text{пов}}$  – кількість поверхів у будівлі;  $n_{\text{ПКК}}$  – кількість пожежних кран-комплектів на одному поверсі будівлі.

У шафах пожежних кран-комплектів в якості первинного засобу пожежогашіння розташовуються пожежні кран-комплекти діаметром 25 мм, (крім складських споруд):

$$n_{\text{ПКК}(25)} = n_{\text{ПКК}} \cdot$$

Додаткові витрати води на роботу ПКК діаметром 25 мм не передбачаються. У квартирах житлових будинків умовною висотою понад 47 м передбачається установка внутрішнього квартирної пожежного кран-комплекту, який забезпечує можливість подавання води у будь-яку точку квартири з урахуванням струменя води 3 м:

$$n_{\text{ПКК}(кв)} = n_{кв},$$

де  $n_{\text{ПКК}(кв)}$  – кількість внутрішніх квартирних пожежних кран-комплектів в житловому будинку умовною висотою понад 47 м;  $n_{кв}$  – кількість квартир.

Для роботи квартирних ПКК необхідно передбачати витрати води на пожежогашіння кількістю 0,5 л/с.

Для варіантів розташування ПКК, що забезпечують кількість струменів більше двох, доцільно розташування додаткового ПКК не за кількістю основних ПКК, а по одному додатковому ПКК в одній шафі, що зменшує фактичну кількість додаткових ПКК в 1,5 – 2 рази.

## 6. Встановлення ефективності запропонованого підходу до розміщення пожежних кран-комплектів

Запропонований підхід до розміщення пожежних кран-комплектів в плані приміщення був реалізований програмним комплексом «ВПВ». Цей комплекс створено за допомогою пакету прикладних програм «MAPLE», що дозволило провести розрахунки для багатьох варіантів будівель з різними характеристиками об'ємно-планувальних рішень та пожежної небезпеки. Крім того, до запропонованого комплексу «ВПВ» був вбудований раніше створений програмний комплекс «ПКК», який дозволяє визначити характеристики додаткових ПКК для конкретних умов експлуатації (нормативними документами методика визначення характеристик додаткових ПКК не передбачена).

До таблиці 1 зведені результати розрахунків кількості ПКК для висотної житлової будівлі (довжина 68 м, ширина 24 м, 25 поверхів, висота кожного поверху 3 м) за наступними методиками:

- перший варіант – розрахунок за вимогами нормативних документів;
- другий варіант – реалізація запропонованого підходу за допомогою програмного комплексу «ВПВ» (з вбудованим комплексом «ПКК»).

**Табл. 1. Результати розрахунків кількості ПКК для висотної житлової будівлі**

Параметр	Величина параметра за методиками:	
	перший варіант	другий варіант
Кількість струменів та витрати воли на один струмінь	4 струменя на кожному точку приміщення витратою 2,5 л/с	
Характеристики основних ПКК: діаметр ПКК діаметр насадки ствола довжина рукава	50 мм 13, 16, 19 мм 10, 15, 20 м	50 мм 13 мм 20 м
Характеристики додаткових ПКК: діаметр ПКК діаметр насадки розпорошувача довжина рукава	25 мм 4 – 12 мм до 30 м	25 мм 8 мм 18 м
Кількість основних ПКК на один поверх	8 – 14 ПКК	8 ПКК
Кількість додаткових ПКК на один поверх (без врахування квартирних ПКК)	8 – 14 ПКК	4 ПКК

Аналіз табл. 1 показує, що результати розрахунку системи ВПВ будівлі за двома варіантами в частині, що стосується вибору нормативних величин не відрізняються один від одного, що свідчить про їх відповідність вимогам норм. Ті параметри, які за першим варіантом розрахунку передбачають неоднозначність вибору, є впливовими на остаточне рішення та забезпечують відмінності рішення в межах 40 %. При цьому, необхідно враховувати, що розрахунок кількості ПКК наведений для одного поверху, а розрахунок в межах будівлі показав, що ці відмінності значно збільшуються.

## 7. Обговорення отриманих результатів щодо розташування пожежних кран-комплектів

Аналіз даних на рис. 1–2 показує, що найбільш значущими параметрами, які впливають на розташування та кількість пожежних кран-комплектів в будівлі, є довжина пожежного рукава та ширина приміщення. При використанні ПКК, укомплектованих рукавами максимальної довжини, збільшується площа приміщення,

що захищається такими ПКК, при цьому забезпечується зрошення кожної точки нормативною витратою. Регулювання кількості ПКК врахуванням конструктивних та об'ємно-планувальних рішень будівель можливо при розташуванні ПКК так, що буде захищено половина ширини приміщення, тобто потрібна кількість ПКК зменшена вдвічі при виконанні всіх необхідних вимог захисту.

Аналіз рис. 3 показав, що врахування радіуса дії пожежного кран-комплекту є обов'язковим етапом їх розташування. Радіус дії ПКК є функцією радіуса компактної частини струменя, який одержується з ПКК та довжини його рукава. При цьому, характеристика висоти приміщення, від якої залежить радіус компактної частини струменя, оказує незначний вплив на радіус дії ПКК.

Таким чином, розташування ПКК необхідно здійснювати так, щоб відстань між ними була не більше розрахункової, з урахуванням величини радіуса їх дії, та врахуванням умов захисту приміщення: за половиною ширини або повну ширину приміщення. Порівняльний аналіз значень максимальної відстані між ПКК та радіусу їх дії свідчить про те, що значення останнього параметра при інших рівних умовах більші, а відповідно необхідна кількість ПКК для захисту приміщення зменшується.

Аналіз рис.4–8 показує, що розташування ПКК для будівель визначених конструктивних характеристик за запропонованим принципом врахування максимальної відстані між ПКК, радіуса їх дії та умов захисту приміщення дозволяє розташувати пожежні кран-комплекти так, що буде забезпечено зрошення кожної точки приміщення необхідною кількістю струменів, при цьому кількість основних та додаткових ПКК буде обґрунтовано мінімальною.

Аналізуючи дані таблиці 1 можна зробити висновок, що процес розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу та розташування пожежних кран-комплектів є методологічно відпрацьованим. Але є параметри, які мають значний вплив на досліджувану величину, при цьому немає однозначних вимог до їх вибору, що може змінювати остаточне рішення про кількість пожежних кран-комплектів в межах 40 % для кожного поверху будівлі.

## 8. Висновки

1. Досліджено параметри, що впливають на розташування та кількість пожежних кран-комплектів в будівлі. Показано, що обладнання пожежних кран-комплектів з максимальними характеристиками пожежного рукава, дозволяють збільшити охоплення приміщення та забезпечити його зрошення нормативною витратою. Однак при виборі кількості пожежних кран-комплектів треба враховувати конструктивні особливості приміщення, нормативну кількість струменів, обладнання пожежних кран-комплектів. Крім того, треба враховувати економічну складову. Обладнання з максимальними характеристиками коштує дорожче, тому його обґрунтований вибір дозволяє зробити систему внутрішнього протипожежного водопостачання економічно привабливою.

2. Досліджено принципи розміщення основних та додаткових пожежних кран-комплектів для різної кількості струменів на кожен точку приміщення. На підставі аналізу параметрів, які впливають на кількість пожежних кран-комплектів в плані будівлі, запропоновано підхід до розміщення пожежних кран-комплектів за принципом їх обґрунтованої достатності. При цьому запропоновано для забезпечення зрошення кожної точки приміщення одним струменем кількість пожежних кран-комплектів визначати за радіусом дії пожежного кран-комплекту та за умовою, що враховує довжину та ширину будівлі, а для двох струменів та

більше – розрахунок виконувати за умовою забезпечення кожної точки приміщення двома струменями з встановленням спарених пожежних кран-комплектів для наступних струменів.

3. Встановлено ефективність запропонованого підходу до розміщення пожежних кран-комплектів, який був реалізований програмним комплексом «Внутрішній протипожежний водопровід», що містить вбудований програмний комплекс «Пожежний кран-комплект» для визначення характеристик додаткових пожежних кран-комплектів. Порівняльний розрахунок кількості пожежних кран-комплектів за вимогами нормативних документів та за допомогою програмного комплексу «Внутрішній протипожежний водопровід» (з вбудованим комплексом «Пожежний кран-комплект») показав, що за першим варіантом розрахунку передбачається неоднозначність вибору величин, що є впливовими на остаточне рішення та забезпечують відмінності кінцевого результату в межах 40 % лише для одного поверху, що значно збільшується для будівлі в цілому. Таким чином, обґрунтування рішення щодо кількості основних та додаткових пожежних кран-комплектів в будівлі дозволяє забезпечити виконання вимог нормативних документів щодо зрошення кожної точки приміщення необхідною кількістю струменів, не збільшуючи їх кількість та вартість всієї системи протипожежного захисту.

### Література

1. Сізіков О. О., Ніжник В. В., Уханський Р. В., Балло Я. В. Шляхи забезпечення ефективної експлуатації систем внутрішнього протипожежного водопроводу у висотних будівлях. Науковий вісник УкрНДІПБ. 2015. № 2. С. 4–10. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb\\_2015\\_2\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2015_2_3)
2. Мешман Л. М. Частные вопросы по проектированию внутреннего противопожарного водопровода // Fire and Explosion Safety. 2019. № 28(3). С. 98–100. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chastnye-voprosy-po-proektirovaniyu-vnutrennego-protivopozharnogo-vodoprovoda>
3. Kalach A. V., Cherepanov E. A., Dmitriev E. V., Akulov A. Y. Optimization of the number of pumping stations when tracing distribution lines of the external fire-fighting water supply system. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. 2021. Vol. 1902. № 1. P. 1–8. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012069/meta>
4. Binio J., Kieliszek S. Analysis of the use for Fire Protection Water Supply Systems in public utility buildings and residential buildings. MATEC Web of Conferences. EDP Sciences. 2018. Vol. 247. P. 1–7. doi: 10.1051/mateconf/201824700010
5. Петухова О. А., Горносталь С. А. Характеристики обладнання внутрішнього протипожежного водопроводу. Проблеми пожежної безпеки. НУЦЗУ. 2018. Вип. 44. С. 107–111. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8604>
6. Hickey H. E. Water Supply Systems and Evaluation Methods; Volume II: Water Supply Evaluation Methods. FEMA. 2013. P. 182.
7. Siu-hang Lo S. Fire fighting in high-rise buildings: the role for engineers // Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering. Thomas Telford Ltd. 2010. Vol. 163. № 6. P. 20–26. doi: 10.1680/cien.2010.163.6.20
8. Желяк В. І., Лазаренко О. В., Регуш А. Я. Особливості гідравлічного розрахунку системи внутрішньоквартирного пожежогасіння. Пожежна безпека. Львів. Вип. 26. 2015. С.65–70. URL: <https://hdl.handle.net/123456789/1917>

9. Davis S. Fire Fighting Water: A Review of Fire Fighting Water Requirements A New Zealand Perspective // School of Engineering University of Canterbury: New Zealand. 2000. P. 110. URL: <http://hdl.handle.net/10092/8346>

10. Min S. H., Jeong S. H. A Study on Improvement of Discharge Pressure Measurement of Indoor Fire Hydrant System. Fire Science and Engineering. 2012. Vol. 26. № 3. С. 67–72. doi:10.7731/KIFSE.2012.26.3.067

11. Yadav A., Patel P. Assessment of water requirement and calculation of fire flow rates in water based fire fighting installation. International Journal of Innovations in Engineering and Technology. 2014. Vol. 4. № 1. С. 5–12. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.452.3849&rep=rep1&type=pdf>

12. Grimwood P., Sanderson I. A. A performance based approach to defining and calculating adequate firefighting water using s. 8.5 of the design guide BS PD 7974: 5: 2014 (fire service intervention). Fire Safety Journal. 2015. Vol. 78. С. 155–167. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379711215300151>

13. Петухова О. А., Горносталь С. А., Щербак С. М. Визначення характеристик складових пожежних кран-комплектів виробничої будівлі. Проблеми пожежної безпеки. НУЦЗУ. Вип. 48. 2020. С. 130–135. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11986>

*O. Petukhova<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor, Deputy Head of the Department  
S. Gornostal<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department  
S. Shcherbak<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department  
H. Levenko<sup>2</sup>, PhD, Associate Professor*

<sup>1</sup>National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

## DEVELOPMENT OF AN APPROACH TO THE LOCATION OF FIRE HYDRANT-KITS IN THE BUILDING PLAN

The paper proposes and substantiates the approach to the location of fire hydrant kits in the plan of the building, which is one of the main areas of implementation of the required level of its fire protection system. It is determined that the location of fire hydrant kits is a must to ensure irrigation of each point of the room with the required number of jets, which affects the success of the use of internal fire water for firefighting. The parameters influencing the location and number of fire hydrant sets in the building are investigated. It is shown that when using fire hoses of maximum length, the radius of the fire hydrant set increases and their required number decreases accordingly. The diameter of the fire hose affects the water consumption obtained from the crane set and must be at least standard. It is shown that when choosing the number of fire hydrant sets, in addition to the characteristics of their equipment, it is necessary to take into account the design features of the room and the standard number of jets, which significantly affects the economic component. The principles of placement of the main and additional fire hydrant sets for different number of jets at each point of the room are investigated. Based on the analysis of parameters that affect the number of fire hydrant kits in the plan of the building, an approach to the placement of PAC on the principle of their reasonable sufficiency. The efficiency of the proposed approach to the placement of fire hydrant kits is established. Evaluation of the effectiveness of the proposed approach to the placement of fire hydrant kits showed that the rationale for the decision on the number of main and additional fire hydrant kits in the building allows to meet regulatory requirements for irrigation of each point of the room with the required number of jets. protection.

**Keywords:** internal fire-fighting water supply, fire hydrant-kit, water consumption, fire protection

### References

1. Sizikov, O. O., Nizhnik, V. V., Uhans'kij, R. V., Ballo, Y. V. (2015). SHlyahi zabezpechennya efektyvnoї ekspluatacii sistem vnutrishn'ogo protipozhezhnogo vodoprovodu u visotnih budivlyah. Naukovij visnik UkrNDIPB, (2), 4–10. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb\\_2015\\_2\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2015_2_3)

2. Meshman, L. M. (2019). *СHastnye voprosy po proektirovaniyu vnutrennego protivopozharnogo vodoprovoda*. *Fire and Explosion Safety*, 28(3), 98–100. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/chastnye-voprosy-po-proektirovaniyu-vnutrennego-protivopozharnogo-vodoprovoda>
3. Kalach, A. V., Cherepanov, E. A., Dmitriev, E. V., & Akulov, A. Y. (2021). Optimization of the number of pumping stations when tracing distribution lines of the external fire-fighting water supply system. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1902 (1), 1–8. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012069/meta>
4. Binio, J., Kieliszek, S. (2018). Analysis of the use for Fire Protection Water Supply Systems in public utility buildings and residential buildings. In *MATEC Web of Conferences EDP Sciences*, 247, 1–7. doi: 10.1051/mateconf/201824700010
5. Petuhova, O. A., Gornostal', S. A. (2018). *Harakteristiki obladnannya vnutrishn'ogo protipozhezhnogo vodoprovodu*. *Problemy pozharnoj bezopasnosti*, (44), 107–111. Retrieved from <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8604>
6. Hickey, H. E. (2013). *Water Supply Systems and Evaluation Methods, Vol. II: Water Supply Evaluation Methods*. FEMA, 182.
7. Siu-hang Lo, S. (2010). Fire fighting in high-rise buildings: the role for engineers. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering*. Thomas Telford Ltd., 163 (6), 20–26. doi: 10.1680/cien.2010.163.6.20
8. ZHelyak, V. I., Lazarenko, O. V., Regush, A. Y. (2015). *Osoblivosti gidravlichnogo rozrahunku sistemi vnutrishn'okvartirnogo pozhezhogasinnya*. *Pozhezhna bezpeka*, 26, 65–70. Retrieved from <https://hdl.handle.net/123456789/1917>
9. Davis, S. (2000). *Fire Fighting Water: A Review of Fire Fighting Water Requirements A New Zealand Perspective*. School of Engineering University of Canterbury: New Zealand, 110. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10092/8346>
10. Min, S. H., Jeong, S. H. (2012). A Study on Improvement of Discharge Pressure Measurement of Indoor Fire Hydrant System. *Fire Science and Engineering*, 26(3), 67–72. doi:10.7731/KIFSE.2012.26.3.067
11. Yadav, A., Patel, P. (2014). Assessment of water requirement and calculation of fire flow rates in water based fire fighting installation. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology*, 4(1), 5–12. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.452.3849&rep=rep1&type=pdf>
12. Grimwood, P., & Sanderson, I. A. (2015). A performance based approach to defining and calculating adequate firefighting water using s. 8.5 of the design guide BS PD 7974: 5: 2014 (fire service intervention). *Fire Safety Journal*, 78, 155–167. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379711215300151>
13. Petuhova, O. A., Gornostal', S. A., SHCHerbak, S. M. (2020). *Viznachennya harakteristik skladovih pozhezhnih kran-komplektiv virobnichoi budivli*. *Problemy pozharnoj bezopasnosti*, 48, 130–135. Retrieved from <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11986>

Надійшла до редколегії: 08.10.2021

Прийнята до друку: 16.11.2021