

Визначення мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту

С. Щербак, О. Петухова, О. Тарасенко

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна
Corresponding author. E-mail: sherbaks@ukr.net

Paper received 24.06.19; Accepted for publication 04.06.19.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-200VII24-16>

Анотація. Запропоновано математичну модель для розрахунку мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту для ліквідації пожежі на початковій стадії в 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. Це обумовлює необхідність побудови автоматизованої системи проектування параметрів пожежного кран-комплекту.

Ключові слова: пожежний кран-комплект, мінімальна довжина рукава.

Вступ. Одним з елементів сучасних будівель є система внутрішнього протипожежного водопостачання, використання якої дозволяє вирішити питання успішного гасіння пожеж в будівлях на початковому етапі за рахунок введення вогнегасної речовини в осередок пожежі відразу після його виявлення [1]. Пожежні кран-комплекти (ПКК) є обов'язковими для встановлення в житлових будівлях висотою понад 47 м, а також в інших будівлях у відповідності від їх характеристик (тип будівлі, об'єм, висота, ступінь вогнестійкості, категорія виробництва за пожежною та вибухопожежною небезпекою та ін.) Гасіння за допомогою ПКК здійснюється самими мешканцями житлових будівель або працівниками нежитлових, не очікуючи прибуття пожежних підрозділів, тобто майже безпосередньо з моменту виявлення осередку.

Комплектація ПКК передбачає оснащення його пожежним рукавом декількох стандартних довжин залежно від внутрішніх габаритів приміщення. Між тим, різноманіття варіантів планувальних рішень для вказаних приміщень (апартаментів, офісів, цехів тощо) призводить до необхідності впровадження індивідуального підходу, тому що лише самі габарити приміщення не дозволяють адекватно оцінити необхідну довжину рукава, оскільки внутрішнє планування будівлі може призвести до необхідності значного подовження рукава, особливо при великій площі і великій протяжності внутрішніх стін приміщення. Зрозуміло, що недостатня довжина рукава призводить до унеможливлення подачі води безпосередньо в осередок пожежі, а надлишок довжини призводить до відчутних втрат напору, зважаючи, на як правило, малий діаметр рукава та невеликий тиск в протипожежній мережі, особливо в житлових приміщеннях.

Таким чином, існує протиріччя між нормами комплектації ПКК та необхідністю врахування особливостей кожного окремого приміщення.

Огляд публікацій по темі. В [2] викладені основні вимоги до характеристик складових ПКК. Відповідно до цих вимог ПКК комплектуються рукавом (довжина рукава – до 30 м). Дана норма базується на припустимій величині втрати напору, але не містить наукового обґрунтування щодо співвідношення довжини рукава і внутрішньої архітектури приміщення.

При розрахунку оптимальної довжини рукавної лінії, що прокладається при гасінні пожеж зовні, слід відмітити роботу [3]. Наведена в ній модель правоможні лише для знаходження найкоротшої траси проміж будівель (незв'язних опуклих об'єктів), так само, як і модель, що

наведена в роботі [4].

Таким чином, в літературі відсутні дослідження по знаходженню мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту всередині приміщення довільного планування.

Мета. Метою роботи є побудова математичної моделі для розрахунку мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту для ліквідації пожежі на початковій стадії в приміщенні довільного планування.

Відповідно, необхідно розв'язати задачу знаходження найменшої можливої довжини L лінії, яка пов'язує між собою точку A підключення ПКК до водогону і кожну (а отже і найбільш віддалену) точку B приміщення. Разом з тим лінія AB повинна не перетинати стіни приміщення, тобто цілком належати однозв'язній області Ω його внутрішнього простору. Таким чином потребує рішення оптимізаційна задача

$$L_{AB} = \max_{L \subset \Omega} (\min L), \quad (1)$$

Матеріали і методи. Зробимо декілька припущень:

1. Будемо вважати приміщення однопверховим (у випадку декількох поверхів кожен з них повинен оснащуватися власним ПКК, тобто кожен з поверхів можна вважати окремим приміщенням). Таким чином маємо задачу у двовимірній постановці.
2. Кожне з приміщень ділиться на відсіки (кімнати), прохід в які є вільним.
3. Внутрішній контур плану приміщення можна описати у вигляді ламаних прямих, тобто відсутні криволінійні елементи внутрішньої архітектури (круглі колони, напівкруглі еркери тощо).
4. Будемо вважати, що елементи інтер'єру житлових будівель або елементи промислового або іншого обладнання нежитлових будівель не впливають на шукану мінімально припустиму довжину L рукава ПКК. В тому випадку коли вони впливають, то їх необхідно внести до плану.
5. Будемо вважати, що довжина струменя води, що отримується на виході з розпоршувача дорівнює ℓ (згідно [5] $\ell = 3 \text{ м}$).
6. Вважаємо розмір осередку таким, що його можна накрити струменем води з одного положення.

Необхідно оцінити мінімально припустиму довжину L рукава ПКК, тобто знайти таку його довжину, щоб можна було доставити воду від протипожежної мережі до кожної точки приміщення, враховуючи при цьому довжину струменя ℓ .

Розглянемо деяке приміщення. Місцеположення ПКК фіксовано і визначено проектом будівництва. Опишемо приміщення з внутрішньою частиною Ω контуром неопуклого багатокутника $\bar{\Omega}$. Задамо даний багатокутник

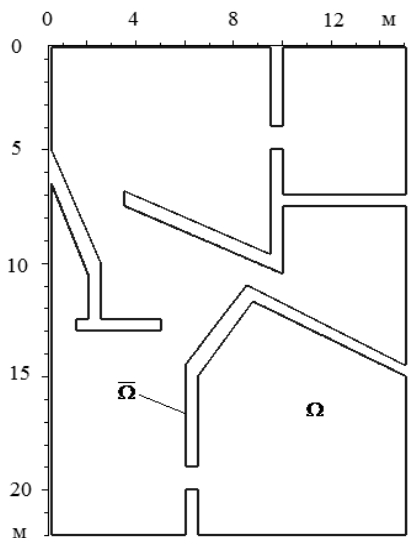


Рис. 1. Приклад плану приміщення

Отримаємо параметричне рівняння багатокутника $\bar{\Omega}$. В загальному вигляді, використовуючи в якості параметру поточну довжину p його периметру, яку відміряємо від першої вершини при обході контуру в додатному напрямку, маємо рівняння

$$\begin{aligned} x &= \zeta(p); \\ y &= \tau(p). \end{aligned} \quad (2)$$

До даного контуру застосуємо процедуру знаходження еквідистанти [6]

$$\begin{aligned} x &= \zeta(p) \pm \frac{h \cdot \partial\tau(p)/\partial p}{\sqrt{(\partial\zeta(p)/\partial p)^2 + (\partial\tau(p)/\partial p)^2}}; \\ y &= \tau(p) \mp \frac{h \cdot \partial\zeta(p)/\partial p}{\sqrt{(\partial\zeta(p)/\partial p)^2 + (\partial\tau(p)/\partial p)^2}}, \end{aligned}$$

де h – еквідистантна відстань. В даному контексті вона являє собою довжину струменя ℓ . Обрання знаків в виразі (3) повинно бути узгоджено для вірного опису внутрішньої чи зовнішньої еквідистанти.

Підставляючи (2) в (3), отримаємо параметричне рівняння еквідистантної лінії. На рис.2 наведено приклад такої лінії ($\ell = 1$ м).

Слід зауважити, що еквідистантна лінія є такою, що перетинає саму себе і розбиває внутрішню одностов'язну область Ω на декілька незв'язних, що значно ускладнює подальшу роботу. Тому на наступному етапі було вирішено скористатися лише тим фактом розв'язку моделі (1)-(3), що необхідно шукати відстань не до найбільш віддаленої точки приміщення, а можна зменшити цю відстань на величину ℓ .

В цьому випадку можна отримати розв'язок задачі (1) використовуючи теорію мережеских графів [7].

Будемо вважати, що кожна з n вершин багатокутника $\bar{\Omega}$ є вершиною графа. Місцеположення підключення ПКК до водогону будемо вважати додатковою вершиною. Побудуємо ребра графа в три етапи.

На першому етапі з'єднаємо кожну вершину з кожною, уникаючи повторів. Всього отримаємо $n(n-1)$ неорієнтованих ребер. Для наведеного прикладу таких

набором його вершин в декартовій системі координат. Приклад такого приміщення зображено на рис. 1 (навмисно обрано приміщення з непрямыми кутами для розгляду більш узагальненого випадку).

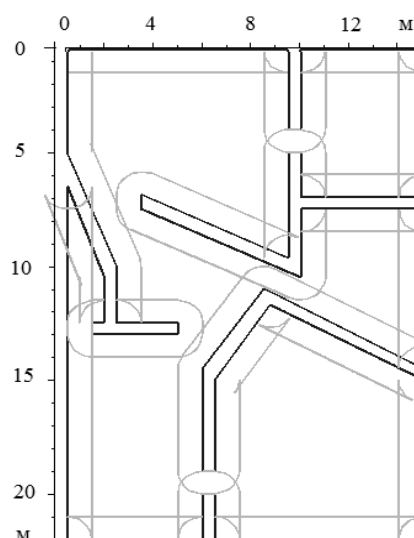


Рис. 2. Еквідистанта для даного приміщення

буде більш ніж 1800, тому немає сенсу зображувати настільки щільну мережу.

На другому етапі перевіримо які з ребер перетинають контур багатокутника (тобто проходять крізь стіни). Перевірку на перетин зробимо за допомогою методів обчислювальної геометрії, а саме відповідно до процедури [8]. Вилучивши такі ребра отримаємо граф, що зображено на рис. 3

На третьому етапі перевіримо які з ребер знаходяться всередині стін. Для цього знайдемо координати середин кожного з ребер і перевіримо, чи належать отримані точки неопуклому зв'язному багатокутнику, що описує контур стін приміщення. Приналежність точки багатокутнику з'ясуємо за допомогою іншої процедури [8]. Вилучивши такі ребра, отримаємо граф, що зображено на рис. 4. Таким чином отримуємо мережеский граф, який зв'язує між собою всі вершини контуру приміщення ребрами, вздовж яких фізично може проходити рукав ПКК.

Оскільки координати вершин контуру приміщення відомі, то відомі і відстані між ними. Тому можна застосувати алгоритм Дейкстри [7] пошуку найкоротшої відстані між точкою A та кожною з вершин контуру приміщення. Серед обраних відстаней обираємо найбільшу – це і є шукана найменша припустима довжина рукава ПКК. На рис. 4 жирною лінією наведена дана конфігурація.

Результати і їх обговорення. Запропонована процедура відшукування мінімально припустимої довжини рукава протипожежного 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 водогону самого ПКК.

Проведені дослідження для приміщень рівних габаритів, але різного внутрішнього планування в деяких випадках показали відміну в необхідній довжині рукава ПКК більш ніж в 2 рази. Найчастіше стандартна 30 метрова довжина рукава не забезпечувала доставки води в найбільш віддалені точки приміщень з габаритами 20x20

або 25х15 метрів (при фіксованому місцеположенні 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 в планування внутрішнього водогону і вирішенню оптимізаційної задачі розміщення даної точки. Для ще більших приміщень необхідно їх комплектація більшою кількістю ПКК.

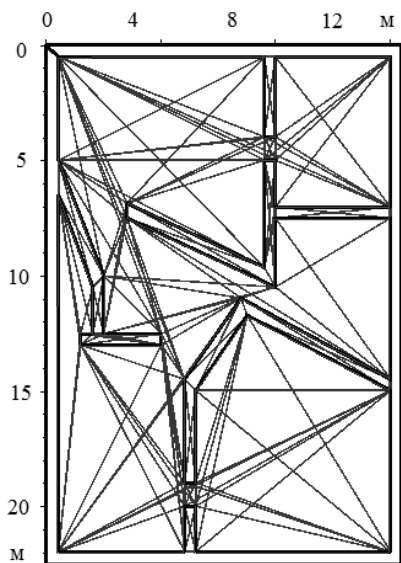


Рис. 3. Другий етап побудови графа

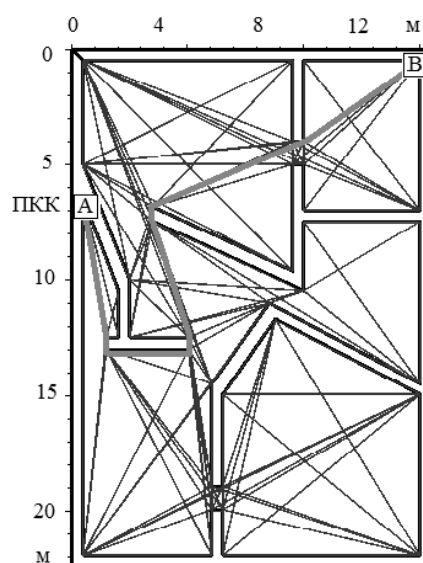


Рис. 4. Третій етап побудови графа

Висновки. Запропоновано математичну модель визначення мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту на етапі проектування. В тому випадку, якщо отримана довжина не перевищує стандартну довжину рукава ПКК, рукав може бути дещо укорочено, що призведе до зменшення втрати напору і, від-

повідно, більш високої інтенсивності подачі води та більш швидкої ліквідації пожежі.

В тому ж випадку, коли довжина рукава ПКК буде замалою, необхідно приймати додаткові рішення, що пов'язані з проектуванням даного приміщення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петухова О.А. Спеціальне водопостачання: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Петухова О.А., Горносталь С.А., Уваров Ю.В. – Х.: НУЦЗУ, 2013. – 248 с.
2. Пожежна техніка. Кран-комплекти пожежні. Частина 1. Кран-комплекти пожежні з напівжорсткими рукавами. Загальні вимоги (EN 671-1:2001, MOD): ДСТУ 4401-1-2005. [Чинний від 25-05-05]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 22 с. (Національний стандарт України).
3. Комяк В.М. Математична модель моделювання розміщення пожежних гідрантів в районах міст / В.М. Комяк, Р.В. Романов // Проблеми пожежної безпеки. Сборник научных трудов. Выпуск 27, 2010. С. 97-103.
4. Бут В.П. Траєкторія руху аварійно-рятувальної техніки до місця надзвичайної події з урахуванням неоднорідного пок-

1. риття місцевості / В.П. Бут, О.М. Соболев // Праці Таврійської агротехнічної академії. Мелітополь: ТДАТА, 2004. – Вип. 4-Прикладна геометрія та інженерна графіка. Т. 24. С. 86-89.
5. 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.
6. Гончаров П.С. G65 NX Advanced Simulation. Практическое пособие. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 112 с.
7. Таха Х. Введение в исследование операций. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. - 912 с.
8. Андреева Е.В. Вычислительная геометрия на плоскости / Е.В. Андреева, Ю.Е. Егоров // Информатика. – 2002. - №40. – С. 28-31.

REFERENCES

1. Petukhova O.A. Special water supply/Petukhova O.A., Gornostal A.A., Uvarov Yu.V. - Kh. : NUCPU, 2013. - 248 p.
2. Fire engineering. Crane fire kits. Part 1. Crane fire kits with semi-rigid sleeves. General requirements (EN 671-1: 2001, MOD): DSTU 4401-1-2005. [25-05-05]. - K. : Derzhspozhivstandart Ukraine, 2005. - 22 p. (National Standard of Ukraine).
3. V.M. Komyak, R.V. Romanov Mathematical model of simulation placing fire hydrants in the area of cities//Problems of fire safety. Issue 27, 2010. pp. 97-103.
4. But V.P. Trajectory of emergency rescue equipment movement to the site of an emergency taking into account heterogeneous coverage of the area/V.P. But, O.M. Sobol//Proceedings of the

1. Taurian Agrotechnical Academy. Melitopol: TDAATA, 2004.- Vol. 4-Applied Geometry and Engineering Graphics. T.24.P. 86-89.
5. Petukhova O.A. Investigation of the characteristics of fire cock kits/O.A. Petukhova, S.A. Gornostal, S.M. Shcherbak//Problems of fire safety. - H. : NUGZU, 2015. - Vol. 37. - p. 154-159.
6. Goncharov P.S. G65 NX Advanced Simulation. A practical guide. - M. : DMK Press, 2014. - 112 p.
7. Taha, H., Introduction to Operations Research. - M. : Publishing house "Williams", 2001. - 912 p.
8. Andreeva E.V. Computational geometry on the plane / E.V. Andreeva, Yu.E. Egorov // Informatics. - 2002. -№40.-pp. 28-31.

Determination of the minimum allowable length of the sleeve of the fire truck kit

S. Shcherbak, O. Petukhova, O. Tarasenko

Abstract. A mathematical model is proposed for calculating the minimum acceptable length of the sleeve of the fire crane set for the elimination of the fire at the initial stage in the room of arbitrary planning. It is shown that the length of the sleeve is determined not only by the dimensions of the room, but also by its individual internal planning and location of the connection point of the crane kit to the system of internal water supply. This necessitates the construction of an automated system for designing the parameters of the fire crane set.

Keywords: fire crane set, minimum sleeve length.