

О. А. Антошкін, викладач, НУЦЗУ

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕРЕГУЛЯРНОГО РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРЯМОКУТНОЇ ФОРМИ

(представлено д.т.н. Абрамовим Ю. О.)

Виконано порівняння результатів розв'язання задачі розміщення пожежних сповіщувачів з використанням стандартного нормативного квадратного і нерегулярного методів розміщення пожежних сповіщувачів, і зроблено висновки щодо доцільності використання нерегулярного методу при проектуванні систем пожежної сигналізації для прямокутних приміщень.

Ключові слова: системи пожежної сигналізації, задача покриття, розміщення пожежних сповіщувачів, метод нерегулярного покриття.

Постановка проблеми. Виявлення пожежі на ранній стадії дозволить суттєво зменшити її площу та, відповідно, збитки. Тому проблема вдосконалення методів проектування систем автоматичного протипожежного захисту (САППЗ), які дозволяють отримати системи з покращеними характеристиками, є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальні витрати на обладнання об'єктів САППЗ сумуються з витрат на проектування вказаних систем, закупівлю окремих елементів та їх монтаж на об'єкті. Основна складова бюджету на формування САППЗ об'єкту – комплектування переліку необхідного обладнання. Від результатів виконання цього етапу суттєво залежить і розмір інвестицій у забезпечення протипожежного стану об'єктів. Один зі шляхів мінімізації складу САППЗ є використання науково-обґрунтованих методів нерегулярного розміщення пожежних сповіщувачів з оптимізацією їх кількості.

Питання проектування САППЗ регламентуються [1, 2, 3 та ін.]. У вказаних документах наведені рекомендовані схеми розміщення приладів, викладені обов'язкові вимоги до місць встановлення пожежних сповіщувачів (ПС), зрошувачів, до формування шлейфів.

Для приміщень неправильної форми використання нерегулярних розміщень у більшості випадків дає кращий результат. А для більш простих приміщень прямокутної форми порівняння результатів не проводилося і висновки про доцільність використання більш складного підходу до розв'язання задачі не є обґрунтованими.

Раніш були неодноразові спроби оптимізації кількісного складу вказаних систем [4–9]. В цих роботах розглядалось або решітчасте встановлення приладів зі стандартним підходом до регулярного та секційно-регулярного розміщення, або нерегулярне розміщення ПС.

Переважає більшість приміщень, які обладнуються системами пожежної сигналізації мають прямокутну форму або можуть бути представлені як сукупність прямокутників. І для розміщення точкових пожеж-

них сповіщувачів в таких випадках, як правило, використовується стандартні схеми із [1]. Для приміщень неправильної форми в роботах [4, 11, 12] було запропоновано використовувати методи геометричного проектування та розглядати задачу формування шлейфів пожежної сигналізації як задачу нерегулярного розміщення пожежних сповіщувачів.

Доведено [10], що для необмежених областей найкращім за кількістю кіл є решітчасте покриття. Для областей неправильної форми використання методів нерегулярного розміщення кіл, у якості яких можуть бути представлені зони, що контролюються ПС, доведено в роботах [4, 12]. Для прямокутних же областей порівняння ефективності регулярних та нерегулярних методів розміщення ПС не проводилося.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є дослідження методів решітчастого та нерегулярного покриттів для найбільш поширених прямокутних приміщень.

В роботі [11] узагальнена математична модель задачі кругового покриття була представлена у вигляді

$$F(u) \rightarrow \min_{u \in W \subset \mathbb{R}^\delta} \quad (1)$$

$$W = \{u \in \mathbb{R}^\delta : \varphi^{p_k C_i} \geq 0 \forall (i, k) \in \Xi_1,$$

$$\varphi^{t_{jk} \Omega^*} \geq 0, \Phi^{C_i C_j} \geq 0 \forall (i, j, k) \in \Xi_2, \quad (2)$$

$$\varphi^{t_{jk} C_{s_k}} \geq 0, \Phi^{C_i C_j} \geq 0 \forall (i, j, s, k) \in \Xi_3, \Psi \geq 0\},$$

де $F(u), u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – довжина мережі, яка поєднує центри покривних кіл (пожежні сповіщувачі); $\sigma = 2n + 1$, 1 – кількість додаткових змінних; $u = (u_1, u_2, \dots, u_n, t)$ – вектор змінних задачі; t – вектор додаткових змінних задачі; $u_i = (x_i, y_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ – параметри розміщення i -го кола; $\varphi^{p_k C_i}, \varphi^{t_{jk} C_{s_k}}$ – функції належності, що запропоновані в роботі; $\varphi^{t_{jk} \Omega^*}$ – функції (у відповідних випадках квазіфункції) належності (залежно від виду області Ω й обраних засобів моделювання відносин між об'єктами); $t_{ijk} = f(u_i, u_j, k), k \in \{1, 2\}$ – точка перетинання окружностей C_i і C_j ; $f(u_i, u_j, k), k \in \{1, 2\}$ – функція, яка розраховує координати точок перетинання окружностей C_i і C_j ; $\Phi^{C_i C_j} = 4r^2 - (x_i - x_j)^2 - (y_i - y_j)^2$ – псевдонормалізована ρ -функція, що формалізує умови розміщення пари кіл на максимально припустимій відстані $\rho=0$; Ξ_1, Ξ_2, Ξ_3 – індексні множини для опису умов повноти покриття; $\Psi(u)$ – система допоміжних обмежень (наприклад, умов належності центрів кіл області Ω).

Використання такої моделі для розв'язання окремої задачі формування шлейфів СПС дозволяє отримати на виході варіант нерегулярного розміщення пожежних сповіщувачів з заданим радіусом контролю.

У разі використання стандартної квадратної схеми, яка рекомендована в [1] ПС встановлюються у вузлах решітки, параметри якої визначаються виходячи з типу ПС, розмірів приміщення та нормативних вимог з [1]. Схема розміщення теплових ПС на плані тестового приміщен-

ня з розмірами 75x35 м для цього випадку наведена на рис. 1.

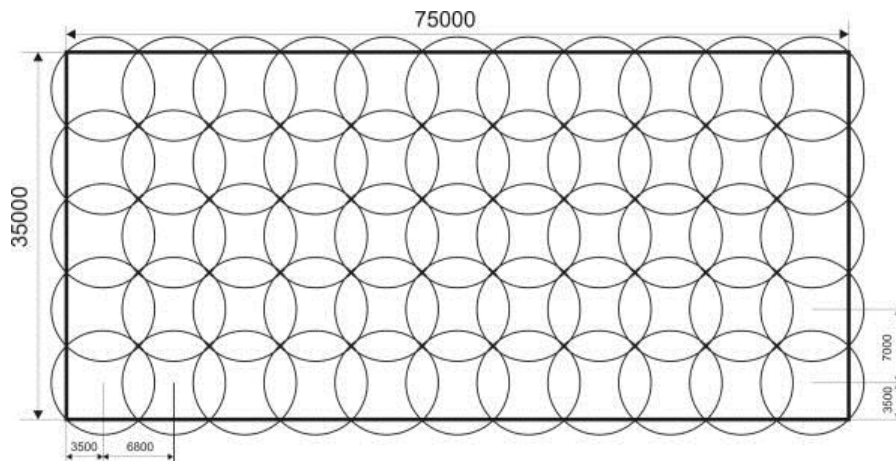


Рис. 1. Схема розташування теплових ПС з використанням стандартного підходу

У разі вибору нерегулярного встановлення ПС для тестового приміщення, схема розміщення приладів буде мати вигляд, наведений на рис. 2.

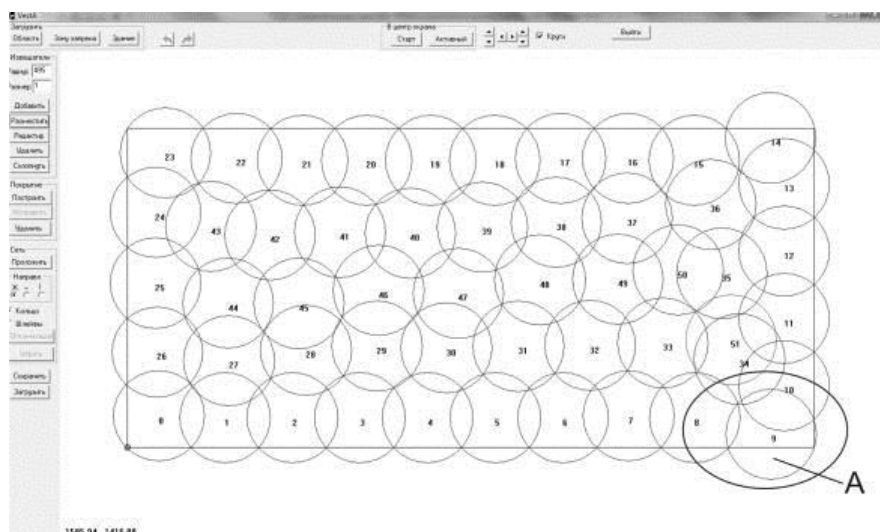


Рис. 2. Схема розташування теплових ПС з використанням методів нерегулярного розміщення

Для наведеного прикладу при однакових вихідних даних у разі використання нерегулярного покриття кількість ПС, необхідних для повного контролю приміщення, зменшується у порівнянні з регулярним нормативним, на 5,5%. Що для крупних об’єктів з великою кількістю значних за площею приміщень може дати суттєву економію бюджету.

Алгоритм роботи розробленого методу нерегулярного розміщення ПС сформований таким чином, що, за замовченням, перше коло розміщується у лівому нижньому кути області (за необхідності можлива зміна початкової точки). Наступні кола послідовно розміщуються вздовж правої сторони кута. При цьому максимально «корисно» використовуються можливості ПС з урахуванням нормативних обмежень на їх розміщення. При досягненні «кутової зони на межі області» (зона «А» на рис. 2) останній прилад, як правило, встановлюється на меншій відстані від пе-

редостаннього таким чином, щоб максимально покрити вільний кут області. При такому розміщенні порушується регулярність покриття і у подальшому кола розміщуються нерегулярно. Винятки виникають у задачах, коли лінійні розміри приміщень, що обладнуються системами пожежної сигналізації, пропорційні максимальним відстаням між ПС із [1].

Для підтвердження достовірності висновків було проведено серію обчислювальних експериментів по розрахунку кількості ПС з використанням стандартної методики із [1] (ДБН) і методу нерегулярного розміщення (НР). Результати наведені в табл. 1.

Табл. 1. Кількість ПС за результатами обчислювальних експериментів

| Ширина, м \ Довжина, м | 75 | | | | 80 | | | | 85 | | | | 90 | | | |
|------------------------|---------------------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|--|--|
| | Кількість пожежних сповіщувачів | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ДБН | НР | ДБН | НР | ДБН | НР | ДБН | НР | ДБН | НР | ДБН | НР | ДБН | НР | | |
| 35 | 55 | 51 | 72 | 55 | 78 | 58 | 78 | 60 | | | | | | | | |
| 40 | 77 | 58 | 84 | 65 | 91 | 66 | 91 | 71 | | | | | | | | |
| 45 | 88 | 68 | 96 | 72 | 104 | 75 | 104 | 81 | | | | | | | | |
| 50 | 99 | 79 | 108 | 79 | 117 | 84 | 117 | 88 | | | | | | | | |

Як видно з даних, що наведені таблиці у всіх випадках кількість сповіщувачів встановлених за нерегулярною схемою менша ніж за стандартною квадратною. При цьому різниця у розглянутих прикладах може сягати 25%.

Висновки. Таким чином, в роботі було порівняно та проаналізовано якість результатів розв'язання задачі розміщення ПС в системах пожежної сигналізації з використанням стандартного методу квадратного розміщення і методу нерегулярного розміщення, який реалізовано в програмному комплексі «Веста». Результати аналізу наглядно продемонстрували, що не дивлячись на певне ускладнення процедури монтажу шлейфів використання нерегулярних методів розміщення ПС доцільно і дозволяє суттєво зменшити витрати на етапі закупівлі обладнання для систем пожежної сигналізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Системи протипожежного захисту: К. : ДП «Укрархбудінформ». 2014. С. 127. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.1.%20ДБН%20В.2.5-56~2014.%20Системи%20протипожежного%20захисту.pdf>
2. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, введення в експлуатацію, експлуатування і технічного обслуговування (CEN/TS 54-14:2004, IDT) :К. : Держспоживстандарт України, 2009. С. 68. URL: http://specteh.org.ua/images/stories/normativnye_dokumenty/dstu-n_cents_54-142009.pdf
3. Стационарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне ім12845:2011. 2011. С. 218.

4. Антошкин А. А., Комяк В. М., Романова Т. Е. Особенности построения математической модели задачи покрытия в системах автоматической противопожарной защиты. Радиоэлектроника и информатика. Харьков : ХНУРЭ. 2001. № 1. С. 75–78.

5. Антошкин А. А. Математическая модель задачи размещения спринклерных оросителей установок водяного пожаротушения с учетом гидравлических характеристик сети. Проблемы пожарной безопасности. 2013. № 34. С. 9–11.

6. Бондаренко С. Н., Дрога М. А. Формализация методики размещения спринклерных оросителей по шахматной схеме// Проблемы пожарной безопасности. 2012. №32. С. 26–31.

7. Антошкин А. А., Деревянко А. А., Мурын М. Н., Романова Т. Е. Регулярные покрытия объектов на примере оптимизации размещения пожарных извещателей. Проблемы пожарной безопасности. 2006. №20. С. 8–11.

8. Бабуров В. П., Колосов И. С., Пранов Б. М. Размещение автоматических пожарных извещателей с учетом степени перекрытия защищаемой площади. Пожарная техника, тактика и автоматические установки пожаротушения. М : ВНИИПО. 1975. С. 118–123.

9. Родэ А. А., Рыжов А. М., Яйлиян Р. А. К вопросу о рациональном размещении тепловых пожарных извещателей в помещении. Автоматическое тушение пожаров. М : ВНИИПО. 1975. С. 25-33.

10. Fejes Toth L. Covering the plane by convex discs. Acta Math. Acad. Sci. Hungar. 1972. № 24. P. 417–421.

11. Antoshkin O., Pankratov O. Construction of optimal wire sensor network for the area of complex shape // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 6. № 4(84). P. 45–53.

12. Антошкін О. А. Математична модель сумісної задачі розміщення пожежних сповіщувачів і трасування шлейфів пожежної сигналізації// Проблемы пожарной безопасности. 2019. № 45. С. 8–11.

Отримано редколегією 08.01.2020

А. А. Антошкин

Целесообразность использования методов нерегулярного размещения пожарных извещателей для помещений прямоугольной формы

Выполнено сравнение результатов решения задачи размещения пожарных извещателей с использованием стандартного нормативного квадратного и нерегулярного методов размещения пожарных извещателей, и сделаны выводы о целесообразности использования нерегулярного метода при проектировании систем пожарной сигнализации для прямоугольных помещений.

Ключевые слова: системы пожарной сигнализации, задача покрытия, размещения пожарных извещателей, метод нерегулярного покрытия.

O. Antoshkin

The use of irregular fire detector methods for rectangular rooms

This paper compares the results of solving the problem of placing fire detectors using standard normative square and irregular methods of placing fire detectors, and concludes that it is advisable to use irregular method in the design of fire alarm systems for rectangular rooms.

Keywords: fire alarm systems, the task of covering, the placement of fire detectors, the method of irregular coverage.