

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ ШЛЕЙФІВ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА АНАЛІЗ ЯКОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ

В роботі виконано переформулювання критерію повноти кругового покриття при формуванні шлейфів систем пожежної сигналізації без використання додаткових змінних та проведено оцінку якості результатів розв'язання задачі з використанням науково-обґрунтованого підходу.

Ключові слова: шлейф пожежної сигналізації, задача покриття, розміщення пожежних сповіщувачів.

Постановка проблеми. Загальні витрати на обладнання об'єктів системами автоматичного протипожежного захисту (САППЗ) складаються як з витрат на закупівлю обладнання, монтаж складових системи, так і на їх проектування. Суттєво зменшити загальний бюджет впровадження САППЗ на об'єкті дозволить автоматизація цього процесу. Але сучасні підходи до створення автоматизованих робочих місць проектувальника (або його складових), як правило, реалізують розв'язання виключно інженерної задачі без спроб оптимізації складу системи. Тому удосконалення існуючих методів та підходів до автоматизації проектування САППЗ є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання проектування систем пожежної сигналізації регламентуються в [1, 2] і ці вимоги обов'язкові до виконання при будь якій реалізації процесу проектування – ручному чи автоматичному. Раніш були неодноразові спроби автоматизувати процедуру проектування систем автоматичного протипожежного захисту [3, 4]. Але в таких програмних продуктах задачі розміщення пожежних сповіщувачів, формування шлейфів розглядалися виключно як інженерні задачі, в яких були враховані вимоги нормативних документів без спроб оптимізувати кількісний склад системи. В роботах [5, 6] було обґрунтовано використання методів геометричного проектування для розміщення пожежних сповіщувачів та формування шлейфів пожежної сигналізації. На базі цього було побудовано узагальнену математичну модель [7] та з її використанням розроблено програмний

комплекс для розв'язання задачі формування шлейфів систем пожежної сигналізації.

Постановка задачі та її розв'язання. Задачею даної роботи є автоматизація процесу проектування САППЗ та оцінка якості результатів розв'язання задачі формування шлейфів пожежної сигналізації з використанням програмного комплексу «Веста», який розроблено з використанням методів геометричного проектування та з урахуванням вимог нормативних документів.

Постановка задачі формування шлейфів систем пожежної сигналізації з розв'язанням під задач розміщення пожежних сповіщувачів та трасування шлейфів в термінах геометричного проектування була сформульована наступним чином: знайти покриття γ області Ω , що задовольняє системі технологічних обмежень, які накладаються на вектор параметрів розміщення кіл, оптимальне відповідно до заданого критерію якості $F(u), u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, де $F(u)$ – гладка функція, Ω – область, яка підлягає контролю, $u_i, i=1, \dots, n$ – набір кіл однакового радіусу, які моделюють зони контролю пожежних сповіщувачів

Із застосуванням засобів моделювання відношень між об'єктами в задачах кругового покриття узагальнена математична модель задачі формування шлейфів в системах пожежної сигналізації виглядає наступним чином

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

$$W = \{u \in \mathbb{R}^\delta : \varphi^{p_k C_i} \geq 0 \forall (i, k) \in \Xi_1, \varphi^{t_{jk} \Omega^*} \geq 0, \Phi^{C_i C_j} \geq 0 \forall (i, j, k) \in \Xi_2, \varphi^{t_{jk} C_s C_k} \geq 0, \Phi^{C_i C_j} \geq 0 \forall (i, j, s, k) \in \Xi_3, \Psi \geq 0\}, \quad (2)$$

де $F(u), u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – довжина дротяної мережі;

$\sigma = 2n + 1, 1$ – 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;

$\varphi^{p_k C_i}, \varphi^{t_{jk} C_s C_k}$ – функції належності;

$\varphi^{t_{jk} \Omega^*}$ – функції (або 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 phi-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).

На відміну від відомих робіт побудови кругових покриттів [8] вказана модель не потребує введення допоміжних змінних, які підвищують розмірність задачі. Далі було здійснено переформулювання критеріїв повноти покриття та перехід до опису умов в еквівалентному вигляді без додаткових змінних для довільної області. Опис відношень між колами однакового радіусу, що покривають, будується на базі функції належності и має наступний вигляд:

$$F_{ijs}^k(x_i, y_i, x_j, y_j, x_s, y_s) \geq 0, \quad (3)$$

де $t_{ijk}(x_i, y_i, x_j, y_j), k \in \{1, 2\}$ – точка перетинання окружностей C_i і C_j ;

$\varphi^{t_{jk} C_{s_k}}$ – функції належності точки t_{ijk} колу C_s ;

$$\begin{aligned} F_{ijs}^1 &= r^2 - \left(\frac{x_i + x_j}{2} - x_s + (y_i - y_j) \sqrt{\frac{r^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - 0,25} \right)^2 - \\ &- \left(\frac{y_i + y_j}{2} - y_s + (x_j - x_i) \sqrt{\frac{r^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - 0,25} \right)^2, \\ F_{ijs}^2 &= r^2 - \left(\frac{x_i + x_j}{2} - x_s - (y_i - y_j) \sqrt{\frac{r^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - 0,25} \right)^2 - \\ &- \left(\frac{y_i + y_j}{2} - y_s - (x_j - x_i) \sqrt{\frac{r^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - 0,25} \right)^2. \end{aligned}$$

Для оцінки якості результатів, які можуть бути отримані за допомогою програмного комплексу «Веста», було розв'язано 15 задач по формуванню шлейфів пожежної сигналізації. Використання комплексу більш доцільно для приміщень (областей) великих розмірів

та (або) складної геометричної форми. Саме за таких умов оптимізація кількості сповіщувачів та довжини шлейфу дасть відчутний ефект. Тому всі приміщення, для яких формувались шлейфи мали не прямокутну форму, а кількість теплових пожежних сповіщувачів в них складала більше 20 штук.

Вихідні дані задач: розміри приміщень, які підлягали захисту – від 1500 до 3100 м², для захисту застосовуються теплові пожежні сповіщувачі (згідно [10] $R_{\text{захищ}}=4,94$ м), топологія шлейфів – тупікова, початок шлейфів – в початку системи координат задачі.

На рис. 1 наведено приклад результатів розв'язання задачі формування шлейфів в ручному режимі з використанням традиційних методик. Кількість сповіщувачів склала 45 шт., довжина дротів шлейфів – 255,62 м. На рис. 2 наведено результат розв'язання задачі з тими ж самими вихідними даними, але з використанням програмного комплексу «Веста». Кількість сповіщувачів склала 37 шт., довжина дротів шлейфів – 245,02 м.

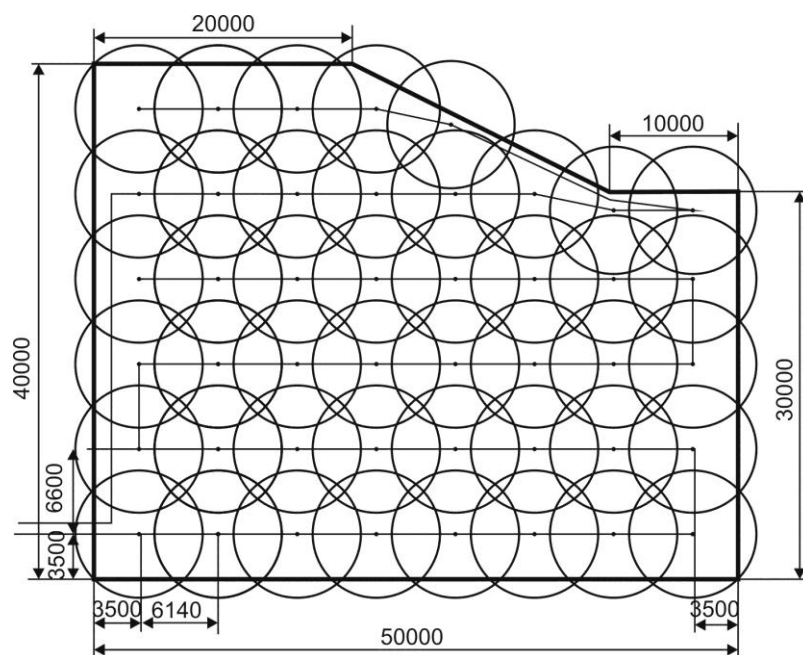


Рис. 1. Приклад розв'язання задачі формування шлейфів пожежної сигналізації традиційними інженерними методами

Як бачимо, за рахунок використання оптимізаційних методів в конкретній задачі вдалося скоротити кількість сповіщувачів на 17%, а довжину шлейфів на 3,9%. В гривневому еквіваленті це може складати суму від 500 до 1100 грн витрат в залежності від марки дротів та пожежних сповіщувачів лише на закупівлю обладнання для системи пожежної сигналізації.

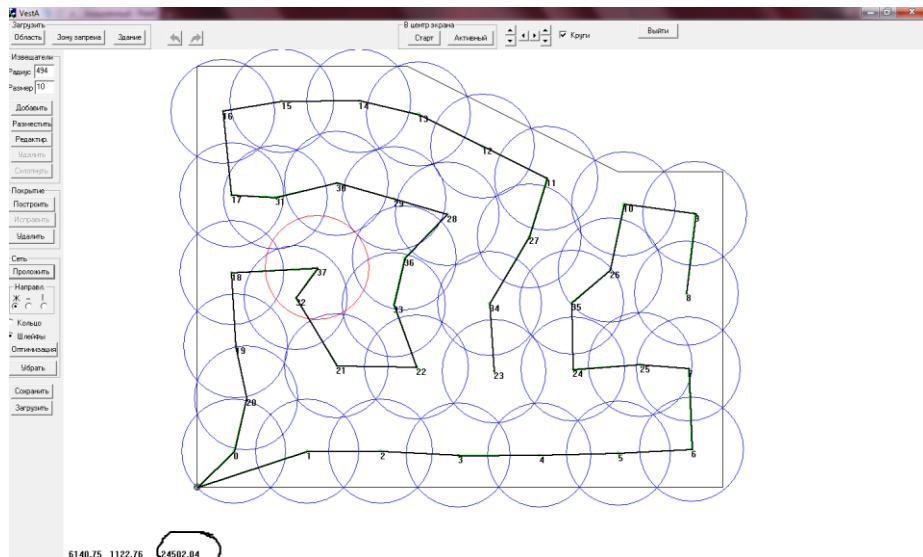


Рис. 2. Приклад розв'язання задачі формування шлейфів пожежної сигналізації з використанням програмного комплексу «Веста»

Для спрощення монтажу шлейфів систем пожежної сигналізації програмний комплекс «Веста» може прокласти їх переважно по горизонталі (рис. 3) або по вертикалі. При цьому, як правило збільшується довжина шлейфа (у задачі, що розглядається з 245 м до 275 м).

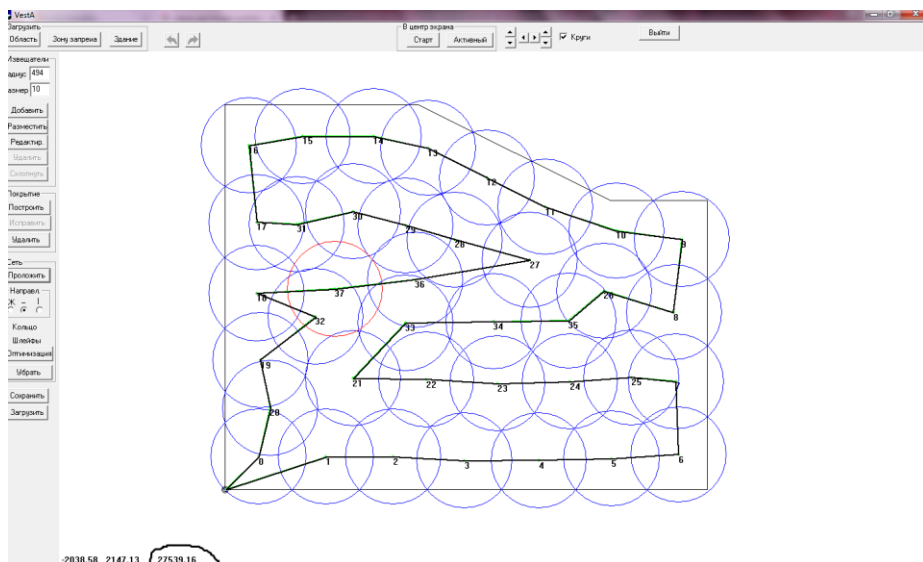


Рис. 3. Приклад розв'язання задачі формування шлейфів пожежної сигналізації з переважною горизонтальною орієнтацією

Узагальнюючи результати розв'язання 15 задач по формуванню шлейфів пожежної сигналізації можна сказати, що зменшення

кількості сповіщувачів склало 6-19% (медіана – 10), а довжини 2,8-4,4 % (медіана – 3,7).

Висновки. Таким чином, в роботі було переформульовано критерій повноти кругового покриття та проаналізовано якість результатів розв’язання задачі формування шлейфів систем пожежної сигналізації з використанням програмного комплексу «Веста». Результати аналізу наглядно продемонстрували, що використання програмних продуктів, які розроблені із застосуванням науково-обґрунтованого підходу, дозволяє суттєво зменшити витрати на обладнання об’єктів такими системами як на етапі закупівлі обладнання, так і на етапі монтажу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5–56–2014 [Чинний від 2015-07-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ». 2014. 127 с.
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) : ДСТУ-Н CEN/TS 54-14:2009. [Чинний від 2010-01-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2009. 68 с.
3. CONFEX. Програма «Конфігуратор» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Gdansk, Poland, 1990-2018. – Режим доступу: www.satel.pl/ru/product/696/CONFEX (дата звернення 07.10.2019) – Назва з екрана.
4. NanoCAD ОПС [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Москва, Росія, 2008-20019 «Нанософт». – Режим доступу: <https://www.nanocad.ru/products/nanocadops> (дата звернення 07.10.2019) – Назва з екрана.
5. 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.
6. 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, No 4(84). P. 45-53. Way of Access : DOI: 10.15587/1729-4061.2016.86171.
7. Антошкін О. А., Панкратов О. В. Узагальнена математична модель задачі покриття області ідентичними колами та її основні реалізації // Системи обробки інформації. 2019. № 1(156). С. 44-49. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.156.06>.

8. Komyak V., Pankratov A., Patsuk V., Prikhodko A. The problem of covering the fields by the circles in the task of optimization of observation points for ground video monitoring systems of forest fires // ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes 2016. Vol. 5. No. 2. P. 133–138.

О.А. Антошкін

Аналіз якості результатів розв'язання задачі формування шлейфів пожежної сигналізації з використанням науково-обґрунтованого підходу

В роботі виконано переформулювання критерію повноти кругового покриття при формуванні шлейфів систем пожежної сигналізації без використання додаткових змінних та проведено оцінку якості результатів розв'язання задачі з використанням науково-обґрунтованого підходу.

Ключові слова: шлейф пожежної сигналізації, задача покриття, розміщення пожежних сповіщувачів.

O. A. Antoshkin

Analysis of the quality of the results of solving the problem of forming fire alarm loops using a science-based approach

In this work, we reformulated the criterion of completeness of circular coverage in the formation of plumes of fire alarm systems without using additional variables and evaluated the quality of the results of solving the problem using a scientifically sound approach.

Key words: fire alarm loop, coverage task, fire detector placement.