

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

К.т.н. Д.О. Маркозов, к.т.н. О.С. Кононихін, В.О. Дерезуцький, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*У статті проаналізовані основні типи протипожежної сигналізації та її основні пристрої. Побудовано структурну модель автоматизованої протипожежної сигналізації. Розроблено математичну модель визначення елементів протипожежної сигналізації для підвищення ефективності прийняття управлінського рішення.*

*В статье проанализированы основные типы и основные устройства противопожарной сигнализации. Построена структурная модель автоматизированной противопожарной сигнализации. Разработана математическая модель определения элементов противопожарной сигнализации для повышения эффективности принятия управленческих решений.*

*In the article analyzed basic types of fire alarm and its main unit. We construct a structural model of automated fire alarm. The mathematical model was developed to determine the elements of fire alarm systems to improve efficiency management decision.*

**Ключові слова:** математична модель, автоматизовані системи управління, багатокритеріальна оцінка, протипожежна сигналізація.

## Постановка проблеми і аналіз літератури

На сьогоднішній день існує велика конкуренція між компаніями, що встановлюють протипожежну сигналізацію. Найбільш конкурентоздатними є компанії, які пропонують замовнику системи, що володіють необхідними показниками і відповідають усім заданим параметрам та вимогам.

Сучасна протипожежна сигналізація є невід'ємною частиною комплексу технічних засобів охорони, що повинні бути присутніми на будь-якому державному або приватному об'єкті. Установки та системи протипожежної безпеки, оповіщення та управління евакуацією людей при пожежі повинні забезпечувати автоматичне виявлення пожежі за час, необхідний для включення систем оповіщення про пожежу у цілях організації безпечної евакуації людей в умовах конкретного об'єкта.

Вона призначена для виявлення пожежі, обробки, передачі в заданому вигляді повідомлення про пожежу, спеціальної інформації та видачі команд на включення автоматичних установок пожежогасіння і включення виконавчих установок систем проти димного захисту, технологічного та інженерного обладнання, а також інших пристроїв протипожежного захисту.

Визначення необхідних і ефективних елементів протипожежної сигналізації було і залишається досить актуальною задачею як для приватних, так і для державних організацій. У зв'язку із цим, аналізу різних аспектів даного питання присвячені дослідження багатьох вчених [1 - 5]. У той же час, огляд наукових

публікацій свідчить, що існуючі математичні моделі та методи визначення сповіщувачів протипожежної сигналізації не завжди дозволяють прийняти ефективне управлінське рішення в умовах різного ступеня невизначеності початкової інформації.

Виходячи із вище сказаного, актуальність даного дослідження обумовлена тим, що без розробки математичної моделі визначення сповіщувачів протипожежної сигналізації, неможлива ефективна робота охоронних підприємств.

## Мета та постановка задачі

Метою дослідження є підвищення ефективності роботи протипожежної сигналізації за рахунок розробки математичної моделі визначення сповіщувачів протипожежної безпеки.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі: проаналізувати сутність проблеми встановлення систем протипожежної сигналізації; розглянути існуючі моделі вирішення даної проблеми; розробити математичну модель визначення сповіщувачів протипожежної сигналізації в умовах різного ступеня невизначеності початкової інформації.

## Математична модель визначення сповіщувачів протипожежної сигналізації

Основними принципами побудови системи протипожежної сигналізації на об'єкті є її відповідність нормативній документації, що регламентується будівельними нормами і правилами, а також державними стандартами та нормативними актами МНС.

Основним параметром якості систем пожежної безпеки є їх надійність. У даному випадку під цим мається на увазі в собі цілий ряд параметрів. Головним серед них є можливість виявлення пожежі на самій ранній стадії і мінімізація помилкових спрацьовувань системи.

Сучасні системи протипожежної сигналізації поділяються на 3 основних типи: порогові, адресні та адресно-аналогові. Адресно-аналогові системи протипожежної сигналізації є найсучаснішими, але не завжди раціонально їх використовувати через їх велику вартість. В Україні найпоширенішими є адресні системи протипожежної сигналізації. Але ні в якому типі сигналізації не має чітких рекомендацій щодо підбору та розміщення пожежних сповіщувачів, окрім того, що вони мають підходити до цього типу сигналізації.

Основними пристроями систем протипожежної безпеки є: пожежний сповіщувач, пристрій прийомно-контрольний (ППК), звуковий оповіщувач та газоаналізатор.

Проаналізуємо сучасний ринок протипожежних сповіщувачів (таблиця 1).

Аналіз сучасних сповіщувачів протипожежної сигналізації

Назва сповіщувача	Тип сповіщувача	Діапазон живлячих напруг, В	Підключення	Простір, що охороняється	Наявність індикації чергового режиму	Вартість, грн
СПД-3.2	Димовий	10 - 30 В	4х провідне	16 м.кв.	Так	54
Артон ДЛ	Димовий	10 - 27 В	2х провідне, можливе 4 (з дод. о.)	10 – 100 м	Так	950
СПД-3.0	Димовий	10 - 30 В	2х провідне	16 м.кв.	Ні	48
Пульсар 1-010С	Сповіщувач полум'я	9 - 28 В	2х провідне	30 м, 120°	Ні	1030
Спектрон-401	Сповіщувач полум'я	9 - 28 В	2х провідне	50м, 90°	Ні	1080
ТПТ -3	Тепловий	10 - 27 В	2-х і 4-х провідні виконання	40 м.кв.	Так	18
СПТ-3Б	Тепловий	12 - 24 В	2-х і 4-х провідні виконання	60 м.кв.	Так	50

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільшу вартість мають сповіщувачі полум'я, це обумовлено тим, що вони використовуються у вибухонебезпечних місцях, де необхідна висока точність та максимально швидка реакція на пожежу. Вартість кожного типу сповіщувачів залежить від їх властивостей, характерних даному типу, але також присутні і властивості загальні для всіх сповіщувачів: можливість підключення чотирихвостового шлейфу; індикація чергового режиму; адресний (або не адресний) сповіщувач; напруга живлення і габарити. При побудові автоматизованої системи протипожежної сигналізації необхідно враховувати усі ці властивості.

На рисунку 1 представлено розроблену структурну модель автоматизованої протипожежної сигналізації.

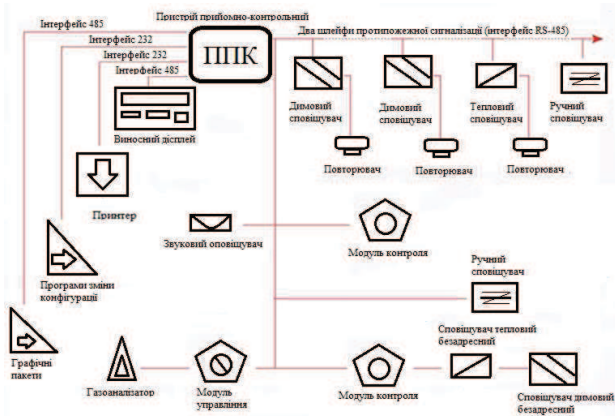


Рис. 1. Структурна модель автоматизованої протипожежної сигналізації

Для розробки математичної моделі введемо наступні позначення:  $C(X_{kl}, Y_{mn}, Z_{ij})$  – витрати на елементи протипожежної сигналізації;  $C_{kl}$  – вартість ППК;  $C_{mn}^*$  – вартість сповіщувача;  $C_{ij}'$  – вартість оповіщувача;  $k$  – тип ППК;  $l$  – вид ППК;  $m$  – тип сповіщувача;  $n$  – вид сповіщувача;  $i$  – тип оповіщувача;  $j$  – вид оповіщувача;

$I_{mn}^*$  – інтенсивність відмов сповіщувача;  $I_{kl}^-$  – інтенсивність відмов ППК;  $I_{ij}^*$  – інтенсивність відмов оповіщувача;  $I(X_{kl}, Y_{mn}, Z_{ij})$  – показник інтенсивності відмов.

Математична модель складається з наступних критеріїв:

– мінімальні витрати на елементи протипожежної сигналізації (грн.):

$$C(X_{kl}, Y_{mn}, Z_{ij}) = \min \left[ \sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \bar{C}_{kl} X_{kl} + \sum_{m=1}^{m'} \sum_{n=1}^{n'} C_{mn}^* Y_{mn} + \sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} C_{ij}' Z_{ij} \right]; \quad (1)$$

– мінімальний показник інтенсивності відмов:

$$I(X_{kl}, Y_{mn}, Z_{ij}) = \min \left[ \sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \bar{I}_{kl} X_{kl} + \sum_{m=1}^{m'} \sum_{n=1}^{n'} I_{mn}^* Y_{mn} + \sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} I_{ij}' Z_{ij} \right]. \quad (2)$$

Для наведеної вище математичної моделі існують наступні обмеження:

– витрати на ППК не повинні перевищувати задані  $C_{зад}^-$ :

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \bar{C}_{kl} X_{kl} \leq C_{зад}^-; \quad (3)$$

– витрати на сповіщувачі не повинні перевищувати задані  $C_{зад}^*$ :

$$\sum_{m=1}^{m'} \sum_{n=1}^{n'} C_{mn}^* Y_{mn} \leq C_{зад}^*; \quad (4)$$

– витрати на оповіщувачі не повинні перевищувати задані  $C_{зад}'$ :

$$\sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} C_{ij}' Z_{ij} \leq C_{зад}'; \quad (5)$$

– показник інтенсивності відмов ППК не повинен перевищувати заданий  $I_{зад}^-$ :

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \bar{I}_{kl} X_{kl} \leq I_{зад}^-; \quad (6)$$

– показник інтенсивності відмов сповіщувачів не повинен перевищувати заданий  $I_{зад}^*$ :

$$\sum_{m=1}^{m'} \sum_{n=1}^{n'} I_{mn}^* Y_{mn} \leq I_{зад}^* \quad (7)$$

– показник інтенсивності відмов оповіщувачів не повинен перевищувати заданий  $I_{зад}^l$ :

$$\sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j I_{ij}^l Z_{ij} \leq I_{зад}^l \quad (8)$$

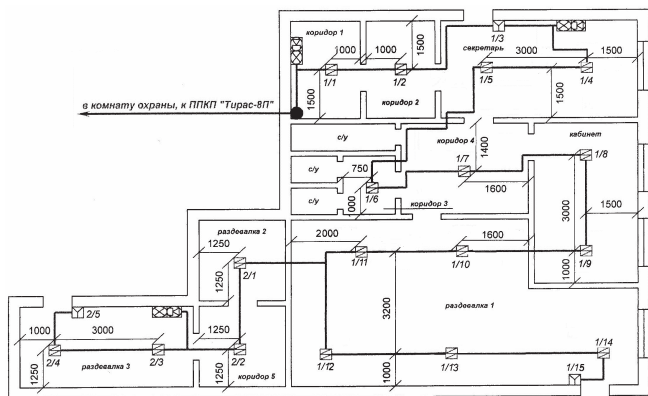
– позитивність та дискретність змінних:

$$X_{kl} = \{0;1\}, Y_{mn} = \{0;1\}, Z_{ij} = \{0;1\} \quad (9)$$

Розроблена математична модель (1) – (9) відноситься до задач багатокритеріального цілочисельного програмування.

Визначимо необхідні типи і кількість пожежних сповіщувачів на заданому об'єкті за допомогою розробленої математичної моделі та зробимо оцінку результатів її впровадження.

Далі наведена базова модель побудови протипожежної сигналізації (рисунок 2).



– димовий сповіщувач; – тепловий сповіщувач.

Рис.2. Базова модель побудови протипожежної сигналізації

Дана базова модель має наступні характеристики:

- кількість сповіщувачів: димових – 17, ручних – 3;
- кількість оповіщувачів – 3;
- загальні витрати – 8408,4 грн.;
- показник простору, що охороняється – 96% від загального;
- показник щільності покриття простору, що охороняється – 1,25.

Перелік пристроїв, які входять до даної протипожежної сигналізації: ППК – Тирас-8П; димові сповіщувачі – СПД 3.0; світлозвукові оповіщувачі – ОСЗ 1.0; модуль релейних ліній – МРЛ-2,1; модуль цифрового автодозвону; ручні сповіщувачі – СПР; акумулятор 12В; комунікатор телефонний – ТК GSM 2; дроти.

Далі можна приступати до розрахунку моделі побудови протипожежної сигналізації з використанням розробленої математичної моделі (1) – (9).

Розроблена модель побудови протипожежної сигналізації представлена на рисунку 3.

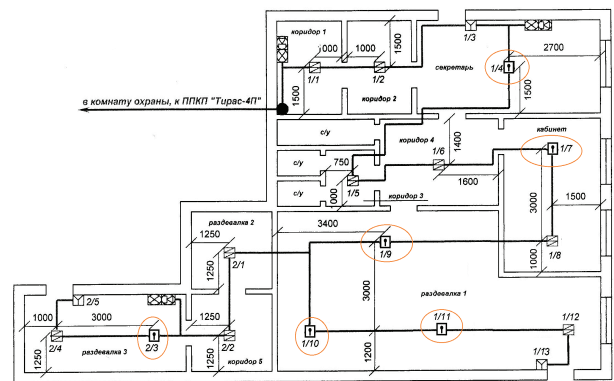


Рис. 3. Розроблена модель побудови протипожежної сигналізації

Ця модель володіє наступними показниками:

- кількість сповіщувачів: димових – 9, теплових – 6, ручних – 3;
- кількість оповіщувачів – 3;
- загальні витрати – 7288,3 грн.;
- показник простору, що охороняється – 96% від загального;
- показник щільності покриття простору, що охороняється – 1,4.

Перелік пристроїв, які входять до розробленої протипожежної сигналізації: ППК – Тирас-4П; димові сповіщувачі – СПД 3.0; теплові оповіщувачі – ТПТ 3; світлозвукові оповіщувачі – ОСЗ 1.0; модуль цифрового автодозвону; ручні сповіщувачі – СПР; комунікатор телефонний – ТК GSM 2; дроти.

На основі оцінки результатів впровадження розробленої моделі, можна зробити висновок, що розроблена модель має кращі показники, ніж базова.

### Висновки

Таким чином, у статті була розроблена математична модель визначення сповіщувачів протипожежної сигналізації. Як видно із розрахунків, показник щільності покриття простору, що охороняється покращено на 12%, а загальні витрати на 13,3%. Дана модель є універсальною, а отже, її можуть застосовувати як приватні, так і державні підприємства.

Перспективним напрямком подальшого розвитку цієї моделі є розробка інформаційного забезпечення та її реалізація.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сінілов В. Г. Системи охоронної, пожежної та охоронно-пожежної сигналізації / В.Г. Сінілов. – «Академія», 2004. – 512 с.
2. Назаров В.І. Охоронні та пожежні системи сигналізації / В.І. Назаров, В.І. Риженко. – «Онікс», 2007. – 33 с.
3. Собурь С. В. Установки пожежної сигналізації – четверте вид. (Дод. із змінами) / С.В. Собурь. – «Протипожежна книга», 2004. – 312 с.
4. Маркозов Д.О. Математична модель визначення сповіщувачів протипожежної сигналізації / Д.О. Маркозов, Д.Ю. Калайніков // Технологія приборостроєння. Науково-технічний журнал. – Спеціальний випуск 2014. – Харків, 2014. – С.50-53
5. Артём'єв В.П. Пожежна безпека технологічних процесів Ч.2 Пожежна безпека обладнання та процесів вибухонебезпечних виробництв / В.П. Артём'єв. – Інститут перепідготовки та підвищення кваліфікації МНС Республіки Білорусь, 2008. – 169 с.
6. Мишкіс О.Д. Елементи теорії математичних моделей / О.Д. Мишкіс. – «КомКнига», 2007. – 192 с.