

$$F_3(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \psi_j(b_{ij} x_j) \rightarrow \min, \quad (7)$$

Задача визначення обраного набору обладнання мінімальної вартості при заданому ступені якості вирішення задачі  $r_i$  (якість вирішення всіх задач  $R$ ), тобто рівня безпеки  $b^*$  на вимогу  $i$ , (рівня безпеки об'єкта в цілому). Ця задача вирішується як задача цілочисельного програмування вигляду:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n (C_j x_j) \rightarrow \min \quad (8)$$

за умов:

$$\sum_{j=1}^n (C_j x_j) \leq c_{\max} \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) \geq 1, i \in M \quad (10)$$

$$x \in \{0,1\} \quad (11)$$

## Висновки

Таким чином, проведений аналіз моделей та методів побудови автоматизованих систем охоронної сигналізації дозволяє зробити висновок, що забезпечення необхідного рівня надійності охорони об'єкта досягається кількістю рубежів охорони, а зведення до мінімуму сумарних витрат на обладнання об'єкта досягається варіюванням типів сповіщувачів та ПКП в кожному рубежі охорони.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Груба И.И. Системы охранной сигнализации. Технические средства обнаружения / И.И. Груба. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. – 220 с.
2. Кирюхина Т.Г. Технические средства безопасности. Часть I. Охранная и охранно-пожарная сигнализация. Системы видеоконтроля. Системы контроля и управления доступом / Т.Г. Кирюхина, Членов А.Н. – М.: НОУ "Такир", 2002 – 216 с.
3. Приёмно-передающие устройства электронных систем безопасности / Членов А.Н., Кирюхина Т.А., Буцьнская Т.А., Шакирова А.Ф. – М.: Институт электронных систем безопасности, 2010. – 272 с
4. Антоненко А.А. Техническая эксплуатация средств охраны и безопасности объекта НОУ "Такир" / А.А. Антоненко. – М.: "МАКЦЕНТР. Издательство", 2002. – 48 с.
5. Ногин В.Д. Границы применимости распространенных методов скаляризации при решении задач многокритериального выбора // Методы возмущений в гомологической алгебре и динамика систем: Межвуз. сб. науч. тр. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – С. 59-68.

УДК 681.322

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СПОВІЩУВАЧІВ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

К.т.н. Д.О. Маркозов, Д.Ю. Калашніков, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

У роботі 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 работе проанализированы основные типы противопожарной сигнализации и ее основные устройства. Построена структурная модель автоматизированной противопожарной сигнализации. Разработана математическая модель определения элементов противопожарной сигнализации для повышения эффективности принятия управленческих решений.

In the work 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, багатокритеріальна оцінка, автоматизовані системи управління, 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.

Протипожежна сигналізація призначена для виявлення пожежі, обробки, передачі в заданому вигляді повідомлення про пожежу, спеціальної інформації та видачі команд на включення автоматичних установок пожежегасіння і включення виконавчих установок систем протидимного 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).

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: можливості підключення чотирьохдротового шлейфу; індикація чергового режиму; адресний (або не адресний) сповіщувач; напруга живлення і габарити. При побудові автоматизованої системи протипожежної сигналізації необхідно враховувати усі ці властивості.

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

## Технология приборостроения

На рисунку 1 представлено розроблену структурну модель автоматизованої протипожежної сигналізації.

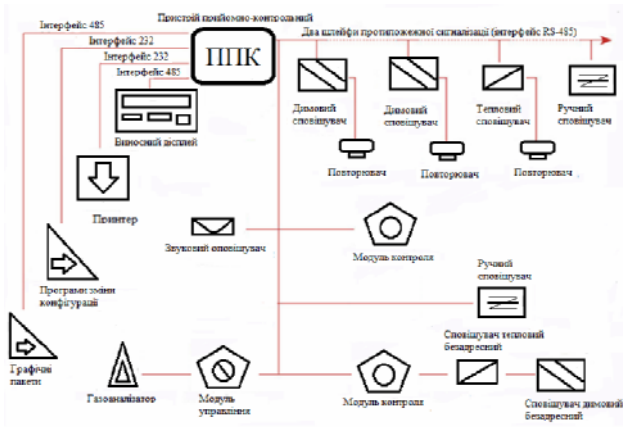


Рис. 1. Структурна модель автоматизованої протипожежної сигналізації

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;  $C_{ij}^l$  – 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.):

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

– 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  $C_{зад.}^l$ :

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

– 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).

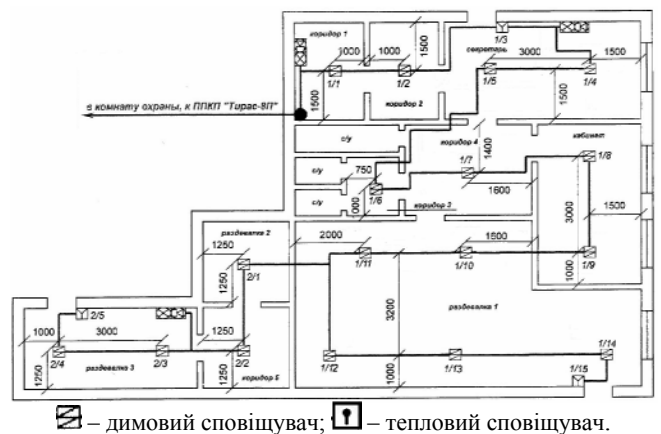


Рис. 2. Базова модель побудови протипожежної сигналізації

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.

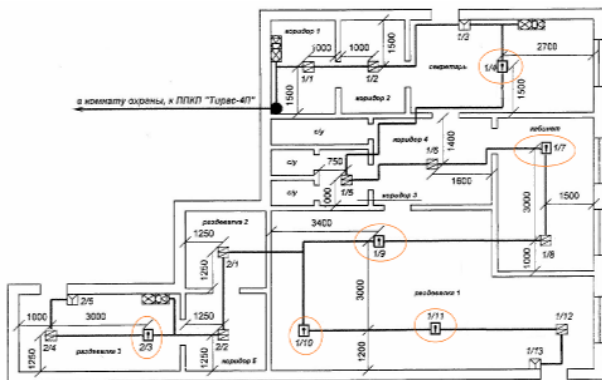


Рис. 3. Розроблена модель побудови протипожежної сигналізації

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. – «Онiкс», 2007. – 33 с.

3. Собурь С. В. Установки пожежної сигналізації – четверте вид. (Дод. із змінами) / С.В. Собурь. – «Протипожежна книга», 2004. – 312 с.

4. Артьом'єв В.П. Пожежна безпека технологічних процесів Ч.2 Пожежна безпека обладнання та процесів вибухонебезпечних виробництв / В.П. Артьом'єв. – Інститут перепідготовки та підвищення кваліфікації МНС Республіки Білорусь, 2008. – 169 с.

5. Мишкіс О.Д. Елементи теорії математичних моделей / О.Д. Мишкіс. – «КомКнига», 2007. – 192 с.

УДК 681.5.015

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА

К.т.н. А.Г. Гурко, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Построена динамическая модель гидропривода, состоящего из золотникового гидрораспределителя с электромагнитным управлением и одноштокового гидроцилиндра. Адекватность модели подтверждена результатами компьютерного моделирования.

Побудована динамічна модель гідроприводу, що складається з золотникового гідророзподільника з електромагнітним керуванням і одноштокового гідроциліндра. Адекватність моделі підтверджена результатами комп'ютерного моделювання.

A dynamic model of a hydraulic drive system, which consist of solenoid actuated spool valve and cylinder with a single piston has been built. The adequacy of the model has been confirmed with simulation results.

**Ключевые слова:** золотниковый распределитель, гидроцилиндр, моделирование, Simulink

### Введение

Для приведения в движение различных машин и механизмов широко используется объемный гидравлический привод, для которого характерны высокая удельная мощность, относительная простота реализации и управления, простота обеспечения поступательного движения и прочие достоинства [1-2]. В то же время, подавляющее большинство гидроприводов, использующихся, в частности, в строительных и дорожных машинах, управляются вручную и не автоматизированы. Это, в первую очередь, связано с крайне нелинейной динамикой гидравлического привода, что затрудняет исследование протекающих в машинах процессов и управление этими процессами. Поскольку построение математических моделей гидравлического