

*Б.Б. Поспелов, докт. техн. наук, проф., ведущ. научн. сотр., НУГЗУ,
А.Е. Басманов, докт. техн. наук, проф., главн. научн. сотр., НУГЗУ,
А.А. Михайлюк, канд. техн. наук, старший научн. сотр., НУГЗУ,
Я.С. Кулик, курсант, НУГЗУ*

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР КОЛИЧЕСТВА ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРА С НЕФТЕПРОДУКТОМ

По критерию максимума разности между вероятностями срабатывания и ложного срабатывания определено оптимальное количество пожарных извещателей в системе из одинаковых извещателей, при получении сигнала с которых следует запускать систему автоматического тушения пожара.

Ключевые слова: резервуарный парк, датчик первичной информации, вероятность срабатывания.

Постановка проблемы. Пожарам в резервуарных парках присущи затяжной характер и опасность распространения на соседние резервуары. Подразделениям МЧС для прибытия, развертывания и подачи первых стволов на охлаждение требуется около 15 минут. Анализ пожаров [3] показывает, что отсутствие охлаждения в течение этого времени приводит к деформации стенки резервуара и образованию изолированных зон горения, подача пены в которые затруднена. Это является одной из причин того, что около четверти всех пожаров в резервуарах заканчиваются полным выгоранием нефтепродуктов. Поэтому важной задачей являются своевременное обнаружение пожара и подача воды на его локализацию.

Анализ последних исследований и публикаций. Автоматические системы обнаружения и тушения пожара в резервуарных парках практически не используются из-за их ненадежности и ложных срабатываний [2]. В работе [1] предложен структурный подход к повышению надежности пожарного извещателя, заключающийся в объединении нескольких пожарных извещателей в комплексный пожарный извещатель с помощью мажоритарного устройства. Однако возможность ложных срабатываний там не рассматривается.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является выбор такого количества k_0 пожарных извещателей в системе из n одинаковых извещателей, при получении сигнала с которых следует запускать систему автоматического тушения пожара.

Будем предполагать, что каждый пожарный извещатель характеризуется двумя параметрами: вероятностью срабатывания – p_1 , т.е. вероятностью получения сигнала о пожаре при его наличии, и ложного срабатывания – p_2 , т.е. вероятностью получения сигнала о пожаре при его отсутствии, $p_1 > p_2$.

Тогда вероятность срабатывания не менее k пожарных извещателей из n при возникновении пожара

$$P_1(k) = \sum_{i=k}^n \frac{n!}{i!(n-i)!} p_1^i (1-p_1)^{n-i}, \quad (1)$$

вероятность ложного срабатывания не менее k пожарных извещателей

$$P_2(k) = \sum_{i=k}^n \frac{n!}{i!(n-i)!} p_2^i (1-p_2)^{n-i}. \quad (2)$$

Стремление повысить вероятность срабатывания и уменьшить вероятность ложного срабатывания приводит к двухкритериальной задаче

$$P_1(k) \rightarrow \max_k, \quad P_2(k) \rightarrow \min_k. \quad (3)$$

От двухкритериальной задачи (3) перейдем к однокритериальной

$$\begin{aligned} F(k) &= P_1(k) - P_2(k) = \\ &= \sum_{i=k}^n \frac{n!}{i!(n-i)!} \left[p_1^i (1-p_1)^{n-i} - p_2^i (1-p_2)^{n-i} \right] \rightarrow \max_k. \end{aligned} \quad (4)$$

В этом случае приближение $F(k)$ к 1 будет означать, что вероятность срабатывания близка к 1, а вероятность ложного срабатывания – к 0.

Рассмотрим выражение

$$f(x) = p_1^x (1-p_1)^{n-x} - p_2^x (1-p_2)^{n-x}, \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (5)$$

входящее в каждое из слагаемых целевой функции (4). При $p_1 > p_2$ это выражение представляет собой монотонно возрастающую функцию на отрезке $x \in [0, n]$, где $f(0) < 0$, $f(n) > 0$. Тогда максимум целе-

вой функции (4) будет достигаться при таком значении k_0 , при котором все слагаемые будут положительны. Следовательно, следует выбирать ближайшее сверху целое число к корню уравнения

$$p_1^x (1 - p_1)^{n-x} - p_2^x (1 - p_2)^{n-x} = 0. \quad (6)$$

Решая его, получим

$$x_0 = n \frac{\ln \frac{1 - p_2}{1 - p_1}}{\ln \left(\frac{p_1 (1 - p_2)}{p_2 (1 - p_1)} \right)}. \quad (7)$$

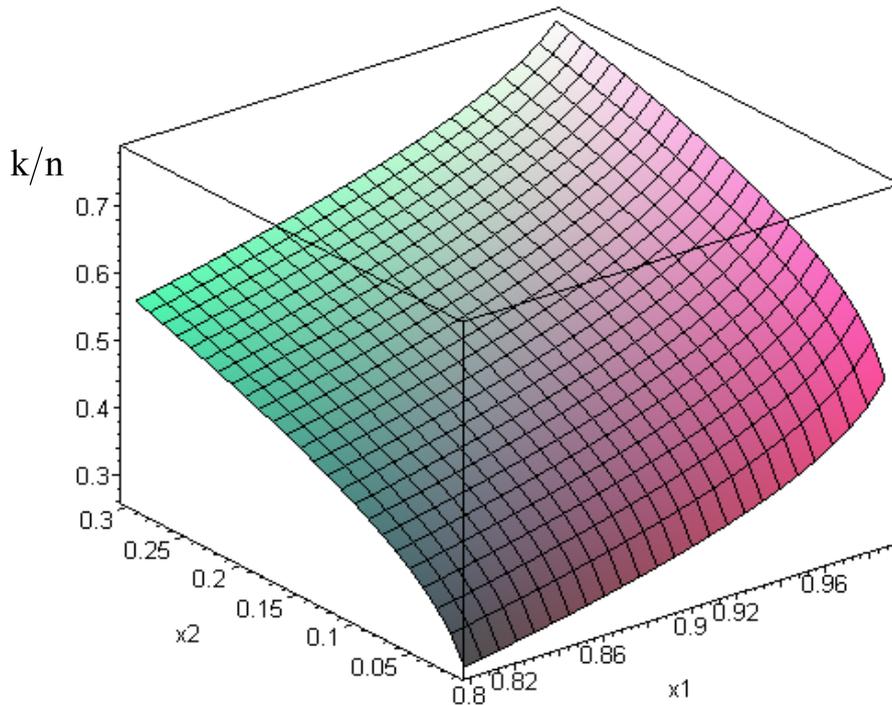


Рис. 1 - зависимость оптимального отношения k_0/n от вероятностей срабатывания p_1 и ложного срабатывания p_2 извне p_1 для

Тогда максимум целевой функции (4) будет достигаться при минимально возможном целом k_0 , удовлетворяющем условию

$$k_0 \geq n \frac{\ln \frac{1 - p_2}{1 - p_1}}{\ln \left(\frac{p_1 (1 - p_2)}{p_2 (1 - p_1)} \right)}. \quad (8)$$

На рис. 1 приведена зависимость отношения k_0/n от вероятностей срабатывания p_1 и ложного срабатывания p_2 .

Анализ зависимости на рис. 1 показывает, что увеличение вероятности срабатывания p_1 , также как и увеличение вероятности ложного срабатывания, приводит к росту оптимального количества извещателей k_0 .

Выводы. Решена задача оптимального выбора количества k_0 пожарных извещателей в системе из n одинаковых извещателей, при получении сигнала с которых следует запускать систему автоматического тушения пожара. В качестве критерия оптимальности используется максимум разности между вероятностями срабатывания и ложного срабатывания комплексного пожарного извещателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Повышение эффективности обнаружения пожара по температуре / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь, Е.А. Тищенко. – Харьков: НУГЗУ, 2011. – 129 с.

2. Бабенко Ю.В. Протипожежний захист складів нафти і нафтопродуктів. Оглядова інформація / Ю.В. Бабенко, В.Г. Дудченко А.М. Басаєв та ін. – К.: УкрНДІПБ, 2002.– 142 с.

3. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами / О.М. Волков. – М.: Недра, 1984. – 151 с.
nuczu.edu.ua

Б.Б. Поспелов, О.Є. Басманов, А.О. Михайлюк, Я.С. Кулик

Оптимальний вибір кількості датчиків первинної інформації в системі захисту резервуара з нафтопродуктом

За критерієм максимуму різниці між ймовірностями спрацювання та хибного спрацювання визначено оптимальну кількість пожежних сповіщувачів в системі із однакових сповіщувачів, при отриманні сигналу з яких необхідно запускати систему автоматичного гасіння пожежі.

Ключові слова: резервуарний парк, датчик первинної інформації, ймовірність спрацювання.

B.B. Pospelov, A.E. Basmanov, A.O. Mykhailiuk, Y.S. Kulik

OPTIMIZATION THE NUMBER OF PRIMARY INFORMATION DETECTORS IN OIL TANK FIRE-PROTECTION SYSTEM

According to the criterion of maximum difference between the probabilities of alarms and false alarms determined the optimal number of fire detectors in the system of identical detectors, on receiving a signal from which automatic fire extinguishing have to launch.

Keywords: fuel tank store, primary information detector, forward combustion, alarm probability.