

УДК 614.84

Р.В. Лиходід¹, В.М. Рудницький²¹ Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, Черкаси² Черкаський державний технологічний університет, Черкаси

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМ ОПОВІЩЕННЯ ЛЮДЕЙ ПРО ПОЖЕЖУ, ЩО БАЗУЄТЬСЯ НА ПОКАЗНИКАХ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Запропоновано новий метод оцінювання систем оповіщення людей про пожежу, що базується на показниках ефективності їх застосування. Показано, що його застосування дозволяє оптимізувати вибір обладнання для побудови систем оповіщення, здатних забезпечити максимальний рівень захисту людей під час пожежі.

Ключові слова: пожежа, евакуація, оповіщення, ефективність систем оповіщення.

Вступ

Постановка проблеми. Більшість будинків громадського призначення, зважаючи на перебування в них значної кількості людей, згідно з [1-3] повинні обладнуватися системами оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей (далі – СО).

Зазначені системи, згідно з терміном наведеним у [4], являють собою комплекс технічних засобів та організаційних заходів, за допомогою якого забезпечується повідомлення людей, які перебувають у будинку, про виникнення пожежі, а також управління їх евакуацією.

Улаштування СО передбачає виконання комплексу робіт, пов'язаних з вибором типу, характеристик елементів СО, а також монтажем та введенням в експлуатацію СО. При цьому правила виконання цих робіт жорстко регламентовані [2, 4]. Їх дотримання забезпечує якісне виконання робіт з проектування, монтажу та експлуатації СО. Водночас, як показує практика, змонтовані за всіма правилами СО не завжди забезпечують виконання покладених на них функцій.

Причиною такого стану є те, що оцінка ефективності СО, як на стадії її проектування, так і під час її експлуатації, не проводиться. Жодних методів та методик щодо проведення такої оцінки не розроблено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість публікацій наукового спрямування, що стосуються СО, висвітлюють результати дослідження поведінки людей під час виникнення пожежі в будинках, точніше кажучи, описують характерні дії людей після оповіщення про пожежу. Безпосередньо питанням дослідження ефективності СО присвячена робота [5]. В ній досліджено залежність ефективності СО від здатності людей адекватно реагувати на сигнали оповіщення про пожежу. При цьому було визначено чинники, що визначають ступінь адекватності поведінки людини при отриманні

сигналу про пожежу, а також проведено кількісну оцінку ступеня впливу цих чинників на ефективність СО.

Формулювання мети. На підставі отриманих в роботі [5] результатів розробити методику визначення оптимальних параметрів СО з використанням методу оцінювання СО, що базується на показниках ефективності їх застосування.

Виклад основного матеріалу

Всіма застосовуваний існуючий алгоритм з визначення параметрів (характеристик) системи оповіщення для конкретної будівлі включає в себе наступні дії.

На першому етапі визначають нормований тип СО. Як правило, визначення типу СО проводять у відповідності з вимогами нормативних документів.

Після цього здійснюють вибір обов'язкових характеристик (параметрів), якими повинна бути наділена СО зазначеного типу. Обов'язкові характеристики СО також вказані в нормативних документах.

Маючи дані про нормований тип та обов'язкові характеристики (параметри) СО, здійснюють підбір необхідного обладнання для побудови СО.

З метою забезпечення максимального рівня безпеки всіх наявних в будинку людей пропонується доповнити вказаний алгоритм діями щодо оптимізації вибору параметрів СО. Основною серед цих дій є проведення розрахунку оціночного показника ефективності роботи СО, на підставі якого здійснюватиметься уточнення переліку необхідного обладнання для побудови СО.

Розрахунок показника ефективності роботи СО пропонується проводити виходячи з того, що ефективність системи оповіщення може бути оцінена ймовірнісним показником здатності системи оповіщення виконувати покладені на неї функції.

Оптимальний склад системи оповіщення має визначатися виходячи із умови забезпечення мак-

симально можливої ефективності роботи системи оповіщення для конкретної будівлі. Зазначена умова має наступний вигляд:

$$E \rightarrow E_{\max}, \quad (1)$$

де E – ефективність роботи системи оповіщення;
 E_{\max} – максимально можлива ефективність роботи системи оповіщення, яка, за умов існування X варіантів її виконання, визначається, як:

$$E_{\max} = \max \{E_1, \dots, E_i, \dots, E_X\}, \quad (2)$$

де E_i – розрахункове значення ефективності для i -го варіанту виконання системи оповіщення;

X – кількість розглянутих варіантів можливого виконання системи оповіщення.

Розрахункове значення ефективності роботи системи оповіщення для i -го варіанту побудови системи оповіщення, що складається з m зон оповіщення, може розраховуватися за формулою:

$$E_i = \sum_{j=1}^m k_{30,j} \cdot E_{30,j}, \quad (3)$$

де $E_{30,j}$ – показник ефективності роботи системи оповіщення j -ої зони оповіщення;

$k_{30,j}$ – коефіцієнт значимості (важливості) системи оповіщення j -ої зони оповіщення, який визначається з формули:

$$k_{30,j} = \frac{N_{30,j}}{N_{\text{буд}}}, \quad (4)$$

де $N_{30,j}$ – кількість людей в j -ій зоні оповіщення;
 $N_{\text{буд}}$ – кількість людей в будівлі.

Формула для розрахунку показника ефективності роботи системи оповіщення j -ої зони оповіщення може бути визначена на підставі розгляду можливих сценаріїв подій при подачі сигналу оповіщення в будинку, де виникла пожежа. Для цього доцільно використати метод логічних дерев подій.

Як видно з рис. 1, результатом ефективної роботи СО є настання події «пожежа не загрожує життю і здоров'ю людей». Їй мають передувати сенсорне сприйняття сигналу оповіщення про пожежу, а також адекватна реакція людини на сприйнятий сигнал.

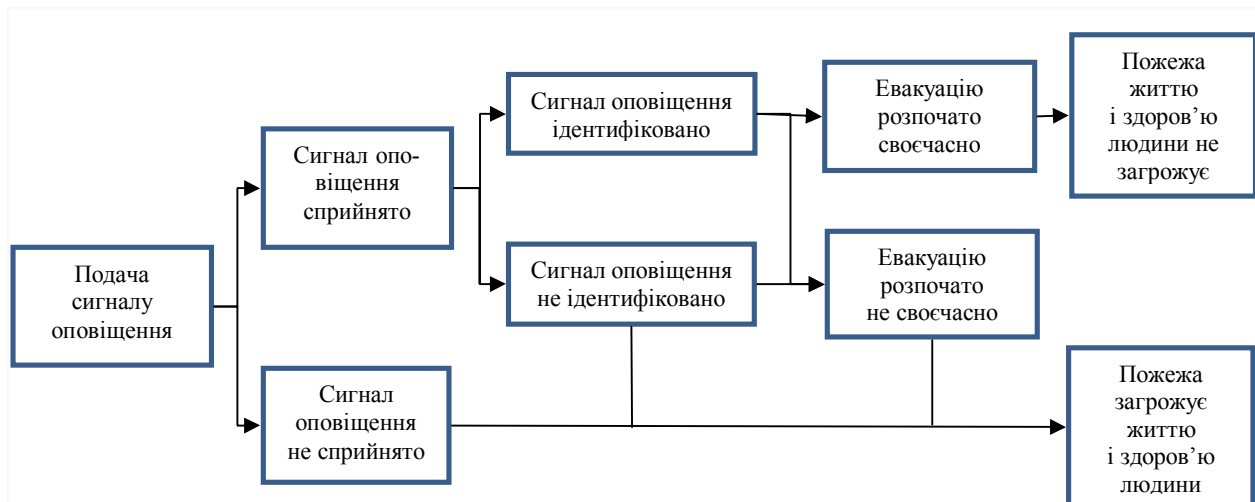


Рис. 1. Дерево подій при оповіщенні людей в будинку під час виникнення пожежі

Таким чином, показник ефективності роботи системи оповіщення j -ої зони оповіщення може бути визначено за формулою:

$$E_{30,j} = P_j(Z_1) \cdot P_j(Z_2, Z_3), \quad (5)$$

де $P_j(Z_1)$ – ймовірність того, що сигнал оповіщення в j -ій зоні оповіщення буде сенсорно сприйнятий наявними в цій зоні людьми Z_1 ;

$P_j(Z_2, Z_3)$ – ймовірність того, що реакція людей, що знаходяться в j -ій зоні оповіщення, на сигнал оповіщення буде адекватною, тобто люди зможуть правильно її ідентифікувати Z_2 і виконати необхідні дії Z_3 .

З урахуванням того, що в кожній зоні оповіщення можуть бути встановлені оповіщувачі, які забезпечують оповіщення людей h способами:

$$P_j(Z_1) = \sum_{p=1}^h k_{\text{сп},p} \cdot P_{\text{сп},p}(Z_1), \quad (6)$$

де $P_{\text{сп},p}(Z_1)$ – ймовірність того, що сигнал оповіщення, поданий в p -ий спосіб, буде сприйнятий сенсорами людського організму Z_1 ;

$k_{\text{сп},p}$ – коефіцієнт значимості (важливості) оповіщення p -им способом, який визначається з формули:

$$k_{\text{сп},p} = \frac{N_{\text{сп},p}}{N_{30,j}}, \quad (7)$$

де $N_{\text{сп},p}$ – кількість людей в j -ій зоні оповіщення, для яких сигнал оповіщення подається p -им способом.

З урахуванням того, що в кожній зоні оповіщення можуть бути встановлені оповіщувачі g видів інформативності:

$$P_j(Z_2, Z_3) = \sum_{q=1}^g k_{\text{вид},q} \cdot P_{\text{вид},q}(Z_2, Z_3), \quad (8)$$

де $P_{\text{вид},q}(Z_2, Z_3)$ – ймовірність того, що реакція людини на сигнал оповіщення q -го виду інформативності, буде адекватною, тобто людина зможе правильно її ідентифікувати Z_2 і виконати необхідні дії Z_3 ;

$k_{\text{вид},q}$ – коефіцієнт значимості (важливості) оповіщувачів q -го виду інформативності, який визначається з формули:

$$k_{\text{вид},q} = \frac{N_{\text{вид},q}}{N_{\text{зо},j}}, \quad (9)$$

де $N_{\text{вид},q}$ – кількість людей в j -ій зоні оповіщення, для яких сигнал оповіщення подається оповіщувачами q -ого виду інформативності.

Значення $P_{\text{сп},p}(Z_1)$, $P_{\text{вид},q}(Z_2, Z_3)$ визначаються на підставі експериментальних даних [5], наведених у табл. 1, 2.

Таблиця 1

Значення $P_{\text{сп},p}(Z_1)$ в залежності від способу подачі сигналу системою оповіщення

| Спосіб подачі сигналу | Значення $P_{\text{сп},p}(Z_1)$ |
|---|---------------------------------|
| Звуковий (в т.ч. мовленнєвий) | 0,975 |
| Світловий | 0,4 |
| Комбінований (поєднання світлового та звукового способів) | 0,987 |

Таблиця 2

Значення $P_{\text{вид},q}(Z_2, Z_3)$ в залежності від інформативності сигналу оповіщення та ступеня підготовленості людей до дій за сигналом оповіщення

| Інформативність сигналу | Варіанти подачі сигналу оповіщення | $P_{\text{вид},q}(Z_2, Z_3)$ для людей різного ступеня підготовленості до дій за сигналом оповіщення | |
|---|---|--|---------------------|
| | | проінструктовані | не проінструктовані |
| Мала | сирена (тональний сигнал), миготлива лампочка, світлові покажчики «вихід» | 0,56 | 0,09 |
| Середня (з інформацією про подію) | світлове табло «пожежа», мовленнєве повідомлення | 0,577 | 0,181 |
| Середня (з інформацією про необхідні дії) | світлове табло «залиште приміщення», мовленнєве повідомлення | 0,37 | 0,228 |
| Достатня (з інформацією про подію та необхідні дії) | світлове табло «пожежа, залиште приміщення», мовленнєве повідомлення | 0,833 | 0,761 |

Значення $N_{\text{буд}}$, $N_{\text{зо},j}$, $N_{\text{сп},p}$, $N_{\text{вид},q}$ повинні прийматись такими, що відповідають найгіршим умовам оповіщення. Такими умовами слід вважати перебування в будівлі максимальної кількості людей.

Розглянемо приклад застосування розробленої методики. Об'єктом, що потребує улаштування СО, оберемо підприємство торгівлі з можливістю одночасного перебування в ньому 200 людей, розташоване в будинку з площею поверху до 500 м².

У відповідності з [1] для таких об'єктів потрібне улаштування СО I-го типу. Обов'язковою характеристикою СО вказаного типу є звуковий спосіб оповіщення (дзвінок, тонований сигнал та ін.). До таких характеристик СО, які рекомендуються, належать використання світлового сигналу, який блимає, світлових покажчиків «вихід», одночасне оповіщення людей у всьому будинку або в одному приміщенні (частині будинку).

Здійснюючи вибір обладнання для майбутньої СО, розглянемо випадок, коли будинок можна розбити на дві частини, кожна з яких буде окремою зоною оповіщення.

При цьому припустимо, що в одній частині перебуватиме не більше 50 людей (зона оповіщення № 1), а в іншій – 150 (зона оповіщення № 2). Всі люди проінструковані.

Для забезпечення дотримання нормативних вимог зону оповіщення № 1 обладнаємо звуковими оповіщувачами, наприклад, дзвінком.

Зону оповіщення № 2 окрім звукових оповіщувачів обладнаємо світловими показчиками «вихід» (потреба в цих показчиках визначена згідно з [6]).

За даних умов матимемо:

в зоні оповіщення № 1 $N_{зо1} = N_{сп} = N_{вид}=50$, звідки $k_{вид}=1$, $k_{сп}=1$ і

$$E_{зо,1} = P_1(Z_1) \cdot P_1(Z_2, Z_3) = 0,975 \cdot 0,56 = 0,546;$$

в зоні оповіщення № 2 $N_{зо2} = N_{сп} = N_{вид}=150$, звідки $k_{вид}=1$, $k_{сп}=1$ і

$$E_{зо,2} = P_2(Z_1) \cdot P_2(Z_2, Z_3) = 0,987 \cdot 0,56 = 0,553;$$

Розрахункове значення показника ефективності роботи СО для цього варіанту її побудови становитиме

$$E = \sum_{j=1}^m k_{зо,j} \cdot E_{зо,j} = \frac{50}{200} \cdot 0,546 + \frac{150}{200} \cdot 0,553 = 0,551.$$

У разі заміни звукових оповіщувачів на такі, що транслюють запис про подію, що сталася, та необхідні дії, матимемо:

$$E_{зо,1} = 0,975 \cdot 0,833 = 0,812,$$

$$E_{зо,2} = 0,987 \cdot 0,833 = 0,822,$$

$$E = \frac{50}{200} \cdot 0,812 + \frac{150}{200} \cdot 0,822 = 0,8195.$$

Ефективність застосування такої СО буде в 1,5 рази вищою ніж у першому варіанті.

Висновки

Таким чином, розроблений метод оцінювання СО, що базується на показниках ефективності їх застосування, дозволяє вдосконалити наявний алгоритм з визначення параметрів (характеристик) СО для конкретної будівлі. Його використання дозволяє оптимізувати вибір обладнання для побудови СО, здатних забезпечити максимальний рівень захисту людей під час пожежі.

Список літератури

1. *Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. ДБН В.1.1-7-2002**. – введ. 2003-05-01 – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури; Видавництво «Лібра», 2003. – 42 с.
2. *Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях. НПБ 104-03 – введ. 2003-06-30. – М.: Отдел 1.4 ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 14 с.*
3. *Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. СП 3.13130.2009 – введ. 2009-05-01. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 6 с.*
4. *Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей в будинках та спорудах. НАПБ А.01.003-2009. – введ. 2009-05-18. – К.: ДП НВП «Спецпожсервіс», 2010. – 22 с.*
5. *Лыходид Р.В. Исследование зависимости эффективности систем оповещения о пожаре от способности людей адекватно реагировать на сигналы оповещения / Р.В. Лыходид, В.Н. Рудницкий // Системы обработки информации: Збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, 2014. – Вип. 2 (118). – С. 276-281.*
6. *Инженерное оборудование будинків і споруд. Проектирование электрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23-2010 – Офіц. вид. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 20 с.*

Надійшла до редколегії 20.03.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Шостак, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

МЕТОД ОЦЕНКИ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ ЛЮДЕЙ О ПОЖАРЕ, ОСНОВАННЫЙ НА ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Р.В. Лыходид, В.Н. Рудницкий

Предложен новый метод оценки систем оповещения людей о пожаре, основанный на показателях эффективности их применения. Показано, что его применение позволяет оптимизировать выбор оборудования для построения систем оповещения, способных обеспечить максимальный уровень защиты людей при пожаре.

Ключевые слова: пожар, эвакуация, оповещение, эффективность систем оповещения.

EVALUATION METHOD OF WARNING PEOPLE ABOUT A FIRE BASED ON THEIR APPLICATION PERFORMANCE INDICATORS

R.V. Lihodid, V.M. Rudnitsky

A new method, based on the efficiencies of their application. It is shown that its application to optimize the selection of equipment for the construction warning system that can provide maximum protection for people in a fire.

Keywords: fire, evacuation, warning, alert systems efficiency.