

УДК 614.84

Р.В. Лиходід<sup>1</sup>, В.М. Рудницький<sup>2</sup><sup>1</sup>Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України, Черкаси<sup>2</sup>Черкаський державний технологічний університет, Черкаси

## МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ ТА КЕРУВАННЯ ЕВАКУАЦІЄЮ ЛЮДЕЙ ПІД ЧАС ПОЖЕЖИ В БУДИНКУ

Розглянуто основні принципи побудови систем оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей. Проаналізовано існуючі проблеми, пов'язані з реалізацією цих принципів. Запропоновано нову модель системи оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей, у якій зазначені проблеми передбачається вирішити шляхом здійснення контролю за наявністю людей у кожній зоні оповіщення та у будинку в цілому, а також індивідуального оповіщення з використанням мобільних пристроїв передачі інформації.

**Ключові слова:** пожежа, евакуація, оповіщення, передача інформації.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Результати дослідження пожеж доводять, що більшість людей під час пожежі гине або отримує травми, як правило, не в наслідок самого займання, а через несвочасне їх оповіщення та евакуацію.

У зв'язку з цим невід'ємною частиною систем безпеки більшості будинків різного призначення в теперішній час стали системи оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей (далі – СО).

Слід зазначити, що керувати людьми, які знаходяться в середині будинку під час пожежі, надзвичайно складно. Зі збільшенням кількості людей у будинку ця складність зростає.

В той же час, у сучасному будівництві намітилася тенденція до збільшення поверховості споруджуваних будинків та об'єднання в їх складі приміщень різного функціонального призначення. Істотне зростання внаслідок цього не лише кількості людей у будинках, а й пожежної небезпеки самих цих будинків, разом з використанням нормативних документів, що не у повному обсязі відображають питання ефективного функціонування СО, негативно позначаються на безпеці людей.

За таких обставин існує потреба у створенні високоефективних СО, що здатні забезпечити безпеку людей під час пожеж у будинках відповідно до умов сьогодення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Науковому обґрунтуванню заходів щодо забезпечення високої ефективності СО, приділяється значна увага [1 – 3]. Проте питання індивідуального оповіщення людей про пожежу до цього часу залишаються не розглянутими. Крім цього, в складі СО не використовуються засоби збирання первинної інформації про кількість людей, які повинні евакуюватись під час пожежі.

**Формулювання мети.** На основі аналізу існуючих СО запропонувати концепцію оповіщення

та керування евакуацією людей, що базується на засобах автоматизації обліку людей та оперативного керування процесом евакуації.

### Виклад основного матеріалу

В Україні під час проектування, монтажу та експлуатації СО керуються ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», НАПБ 05.012-91 «Технологическая инструкция. Порядок устройства, монтаж средств системы оповещения о пожаре», НАПБ 05.037-2007 «Инструкция з проектування та експлуатації установок пожежної сигналізації і систем оповіщення і управління евакуацією людей при пожежах», а також НАПБ А.01.003-2009 «Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей в будинках та спорудах».

У відповідності з цими документами СО повинні забезпечити своєчасне передавання інформації про виникнення пожежі та сприяти реалізації плану евакуації людей із будинку для того, щоб зберегти їх життя і здоров'я. Для досягнення цієї мети з урахуванням виду та особливостей будинку рекомендується застосування одного з п'яти типів СО:

**1 тип** – характеризується наявністю звукового способу оповіщення (дзвінок, тонований сигнал, тощо);

**2 тип** – характеризується наявністю звукового способу оповіщення та світлових покажчиків «Вихід». Оповіщення повинно здійснюватись у всіх приміщеннях одночасно;

**3 тип** – характеризується мовленнєвим способом оповіщення (запис і передача спеціальних текстів) та наявністю світлових покажчиків «Вихід». Регламентується черговість оповіщення: спочатку обслуговуючого персоналу, а потім усіх інших за спеціально розробленою черговою;

**4 тип** – характеризується мовленнєвим способом оповіщення, наявністю світлових покажчиків

напрямку руху і «Вихід». Повинен забезпечуватися зв'язок зони оповіщення з диспетчерською. Регламентується черговість оповіщення: спочатку обслуговуючого персоналу, а потім усіх інших за спеціально розробленою черговістю;

**5 тип** – характеризується мовленнєвим способом оповіщення, наявністю світлових покажчиків напрямку руху і «Вихід». Світлові покажчики напрямку руху повинні бути з роздільним ввімкненням для кожної зони. Повинен забезпечуватися зв'язок зони оповіщення з диспетчерською. Регламентується черговість оповіщення: спочатку обслуговуючого персоналу, а потім усіх інших за спеціально розробленою черговістю. Забезпечується повна автоматизація керування системою оповіщення і можливість реалізації різних варіантів організації евакуації з кожної зони оповіщення.

Для більшості невеликих і середніх об'єктів нормами [4] передбачене улаштування СО 1 і 2 типів. Оповіщення і керування евакуацією людей під час пожежі на таких об'єктах повинне здійснюватися подаванням звукових і світлових сигналів у всі приміщення будинку з постійним або тимчасовим перебуванням людей.

Значно більші розміри, складніше планування, значна розрахункова місткість приміщень зумовлює улаштування в будинках СО 3, 4 і 5 типів [4]. Головна роль у запуску та керуванні цими системами відводиться автоматичі. Участь людини у керуванні такими системами зводиться до мінімуму, що виключає так званий «людський фактор».

В СО 3, 4 і 5 типів одним із способів оповіщення є мовленнєвий – подача спеціально розроблених текстів, що запобігають паніці та сприяють ефективному проведенню евакуації. Тексти завчасно записаних повідомлень повинні містити інформацію не лише про необхідність евакуації, а й про шляхи евакуації, напрямок руху та інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей. При цьому, у разі виникнення загрози здоров'ю та життю людей, система повинна мати можливість одночасної подачі необхідної інформації до різних зон оповіщення і, найважливіше, – здійснити автоматичне коригування повідомлень про зміну шляхів евакуації у випадку нештатної зміни обстановки.

Слід відмітити, що подібні принципи побудови СО офіційно закріплені нормативними документами не лише України, а й ряду країн світу, зокрема Росії та Великобританії [5, 6].

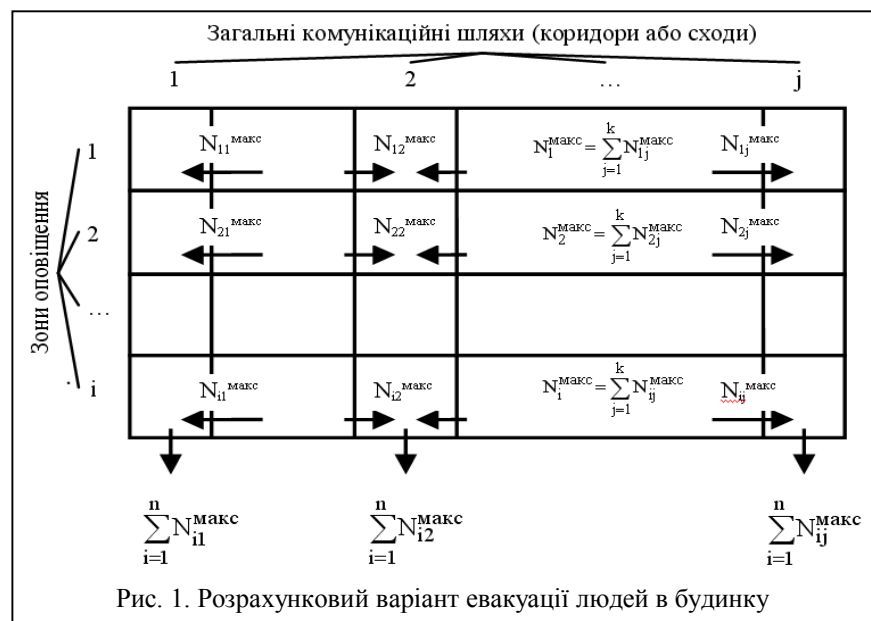
У той же час реалізація цих принципів шляхом виконання, здавалося б, простих і цілком зрозумілих вимог нормативних документів, є складним завданням.

Через відсутність спеціальних розрахункових методик єдиним можливим способом визначення правильності розміщення звукових оповіщувачів для створення необхідного рівня звуку в приміщеннях будинку є проведення натурних випробувань СО. Тож завчасно на стадії проектування правильно розмістити звукові оповіщувачі у будинку можна лише за наявності відповідного досвіду. Хоча й це не може гарантувати того, що вимоги щодо забезпечення необхідного рівня звуку в приміщеннях будуть дотримані, оскільки обстановка в звичайних умовах може суттєво відрізнятися від тієї, що може бути в умовах пожежі.

У випадках використання СО для організації поетапної евакуації людей, з метою визначення часу затримки подавання сигналу про пожежу в кожному із зон оповіщення, потрібно проводити розрахунок розрахункової тривалості евакуації людей з будинку [7]. Одним із вихідних параметрів для його проведення є кількість людей, яких потрібно евакуювати [8, 9]. Оскільки кількість людей, які знаходяться в кожній зоні оповіщення у момент виникнення пожежі, завчасно точно спрогнозувати неможливо, розрахунок прийнято проводити для випадку перебування максимально допустимої кількості людей у будинку, що визначається відповідними будівельними нормами.

Розрахунковий варіант евакуації людей в будинку, що має  $n$  зон оповіщення та  $k$  загальних комунікаційних шляхів (коридорів або сходів), зображено на рис. 1.

Разом з тим, проведення розрахунку подібним чином може гарантувати своєчасне закінчення ева-



туації в будинку лише у тих випадках, коли виконується умова:

$$N_{ij} \leq N_{ij}^{\text{макс}},$$

де  $N_{ij}$  – кількість людей, що евакуюються з  $i$ -ої зони оповіщення до  $j$ -го загального комунікаційного шляху (коридору або сходів);  $N_{ij}^{\text{макс}}$  – максимально допустима кількість людей, що можуть евакуюватися з  $i$ -ої зони оповіщення до  $j$ -го загального комунікаційного шляху (коридору або сходів).

Для інших випадків такий розрахунок застосовувати не може, оскільки у дійсності фактична тривалість евакуації людей з будинку перевищить розрахункову.

Розв'язанням зазначених проблем може стати застосування СО, що дозволяють контролювати перебування людей у середині будинку та, поряд із використанням існуючих традиційних способів, дозволяють здійснювати оповіщення та керування евакуацією за допомогою мобільного телефону. Використання в зазначених системах саме мобільного телефону пов'язане з тим, що жоден з існуючих сьогодні пристроїв не використовується так масово, і важко знайти людину, яка його не носить з собою. За даними операторів мобільного зв'язку України [10] загальна кількість їх абонентів в Україні становить понад 56,4 млн. людей. При цьому впродовж 4 останніх років ця цифра залишається більш-менш стабільною.

Принципову схему виконання вказаної СО показано на рис. 2.

Однією з важливих особливостей вказаної СО є те, що на вході в кожну зону оповіщення встановлюється пристрій, що дозволяє фіксувати перебування у вказаній зоні людей. Фіксація людей цим пристроєм може здійснюватися шляхом виявлення мобільних телефонів, що належать людям, які знаходяться у зоні оповіщення. Кількість подібних пристроїв у зоні оповіщення визначається кількістю можливих входів до цієї зони. Ними в сучасних будинках можуть бути входи знадвору, зі сходів і сходових кліток, з ліфтів і ліфтових холів, з коридорів та інших приміщень.

Під час проходження людини з мобільним телефоном поряд із цим пристроєм інформація про її мобільний телефон автоматично передається на прилад керування СО. Модуль обробки інформації та передачі повідомлень, яким пропонується доповнити прилад керування СО, проводячи аналіз цієї ін-

формації, у найпростішому вигляді реєструє такі події, як поява людини в зоні оповіщення (вхід) та залишення зони оповіщення людиною (вихід). Ведення відповідного протоколу цих подій здійснюється у вигляді списку кодів, що відображають дані про власників мобільних телефонів, які знаходяться у відповідній зоні оповіщення. В якості коду найкраще використовувати телефонний номер. Це дає змогу системі не тільки отримувати дані про кількість людей у кожній зоні оповіщення та в будинку в цілому, а й відразу формувати список телефонних номерів, за якими у разі виникнення пожежі потрібно здійснювати оповіщення, в тому числі й тоді, коли йдеться про необхідність першочергового оповіщення персоналу. Маючи попередньо введений в базу даних СО список телефонних номерів персоналу об'єкта, зробити їх вибірку системі буде нескладно.

Подальше використання даних про дійсну кількість людей, які перебувають у кожній зоні оповіщення та в будинку в цілому, залежить від типу СО.

У найскладніших повністю автоматичних системах ця інформація може слугувати основою проведення розрахунків із використанням існуючих методик для визначення розрахункової тривалості евакуації людей, що у підсумку дозволить системі визначити й реалізувати найбільш оптимальний варіант їх евакуації з будинку.

У решті систем, де проведення подібних розрахунків не передбачається, ці дані можуть бути використані для інформування чергового персоналу про те, як відбувається евакуація людей усередині будинку, що дасть можливість оперативно коригувати роботу системи відповідно до наявної ситуації.

На менш важливу особливість вказаної СО є те, що під час пожежі в будинку одночасно з опові-



щенням людей традиційними способами (подачею звукових, мовленнєвих та світлових сигналів, вмиканням покажчиків, тощо) модуль обробки інформації та передачі повідомлень надсилає відповідні повідомлення на мобільні телефони.

Цілком ймовірно, що у даному випадку вірогідність своєчасного оповіщення людей про пожежу буде вищою. Якщо зробити припущення про те, що ймовірність своєчасного оповіщення людей про пожежу одним з  $n$  способів (як звичними способами, так і шляхом надсилання повідомлень)  $P_i$  становить 0.8, нескладно підрахувати, що ймовірність ефективної роботи системи оповіщення, доповненої модулем обробки інформації та передачі повідомлень, становитиме:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) = 1 - (1 - 0.8)(1 - 0.8) = 0.96,$$

тобто зростає з 0.8 до 0.96, не проінформованими про пожежу в будинку залишаться не 20%, а лише 4% людей.

Запровадження запропонованої моделі системи оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей знизить ризики травмування та загибелі людей під час пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

## Висновки

1. На основі аналізу існуючих СО з метою підвищення їх ефективності запропоновано концепцію оповіщення та управління евакуацією людей, що базується на засобах автоматизації обліку людей та оперативного керування процесом евакуації.

2. Побудовано модель СО, особливостями якої є те, що вона дозволяє контролювати перебування людей у середині будинку та, поряд із використанням існуючих традиційних способів, дозволяє здійснювати оповіщення та керування евакуацією за допомогою мобільного телефону.

3. Встановлено, що впровадження запропонованої моделі СО дозволить знизити ризики травмування та загибелі людей під час пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

## Список літератури

1. Ландышев Н.В. Идентификация людьми, находящимися в здании, звукового сигнала о пожаре – важный принцип построения систем оповещения / Н.В. Ландышев // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16, № 2. – С. 56-57.
2. Танклевский Л.Т. О возможности оптимизации движения эвакуирующихся из многоэтажных зданий / Л.Т. Танклевский, С.П. Юн, А.А. Таранцев // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – Т. 14, № 1. – С. 53-55.
3. Дутов В.И. Психологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре / В.И. Дутов, И.Г. Чурсин. – М., Защита, 1993. – 210 с.
4. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожезна безпека об'єктів будівництва».
5. НПБ 104-03 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях».
6. Draft British Standard BS DD240 Fire Safety Engineering in Buildings Part 1: Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles, British Standards Institution, 1997.
7. НАПБ А.01.003-2009 «Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей в будинках та спорудах».
8. ГОСТ 12.1.004-91\* «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».
9. Предтеченский В.М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: Учеб. пособие для вузов / В.М. Предтеченский, А.И. Милинский. – Стройиздат, 1979. – 375 с.
10. Операторы мобильной связи, статистика мобильных телефонов, сколько абонентов [Электронный ресурс] / Мобильник.УА. – Режим доступа: <http://mobilnik.ua/info/jperators/> - 20.03.2010 р. – Заголовок з екрану.

Надійшла до редколегії 21.05.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.В. Шостак, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ", Харків.

## МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В ЗДАНИИ

Р.В. Лыходид, В.Н. Рудницький

*В статье рассмотрены основные принципы построения систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей. Проанализированы существующие проблемы, связанные с реализацией этих принципов. Предложено новую модель системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей, в которой указанные проблемы предусматривается решить путём осуществления контроля наличия людей в каждой зоне оповещения и в здании в целом, а также индивидуального оповещения с использованием мобильных устройств передачи информации.*

**Ключевые слова:** пожар, эвакуация, оповещение, передача информации.

## MODEL OF SYSTEM WARNING AND CONTROL OF PEOPLE EVACUATION DURING THE FIRE IN BUILDING

R. V. Lihodid, V. N. Rudnitsky

*The basic principles of creating of fire warning and people evacuation control systems are described in the article. The existing problems connected with these principles implementation are analyzed. The new model of fire warning and people evacuation control system is suggested. The new model provides the solving of stated problems by monitoring of people presence in each warning area and in the whole building, and by the individual warning using the mobile data transmission devices.*

**Keywords:** fire, evacuation, notification, transfer of information.