

УДК 614.84

Р.В. Лыходид<sup>1</sup>, В.М. Рудницкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля, Черкассы

<sup>2</sup> Черкасский государственный технологический университет, Черкассы

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ ОТ СПОСОБНОСТИ ЛЮДЕЙ АДЕКВАТНО РЕАГИРОВАТЬ НА СИГНАЛЫ ОПОВЕЩЕНИЯ**

*В статье представлены результаты исследования зависимости эффективности систем оповещения от способности людей адекватно реагировать на сигнал оповещения о пожаре. Определены числовые значения показателей, позволяющих делать количественную оценку эффективности систем оповещения о пожаре.*

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

## Введение

**Постановка проблемы.** При возникновении в здании пожара находящиеся в нём люди должны эвакуироваться. Для осуществления данного процесса здания оборудуются специальными системами, при помощи которых осуществляется оповещение людей о пожаре и управление движением людских потоков (далее – СО).

Состав элементов, которые входят в СО, на данный момент определяется типом системы, выбор которого, применительно к конкретному зданию, регламентируется нормативными документами, в частности [1 – 3]. При этом, как правило, учитывается назначение здания и всего лишь один из отдельных его показателей (количество мест (людей), площадь этажа, количество этажей).

Такой поверхностный подход к выбору типа СО для оборудования ими зданий негативно сказывается на безопасности людей. Известно много случаев, когда при подаче сигнала системой оповещения находящиеся в здании люди не предпринимали никаких действий по эвакуации.

Данное обстоятельство небезосновательно указывает на недостаточную эффективность существующих СО и требует проведения исследований по её повышению.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проведению специальных исследований по повышению эффективности СО с каждым днём уделяется всё больше внимания. Количество публикаций научного характера, касающихся СО, увеличивается. Имеются среди них и работы, содержащие результаты исследований поведения людей при возникновении пожара в здании, в частности [4 – 10]. Последние вызывают особый интерес, поскольку в них описываются характерные действия людей после оповещения о пожаре. Результаты данных исследований дают основания полагать, что эффективность СО в какой-то степени зависит не только от технических параметров входящих в её состав элементов, а и от поведения людей.

**Формулировка цели.** Исследовать зависимость эффективности систем оповещения от способности людей адекватно реагировать на сигнал оповещения о пожаре. Установить факторы, определяющие степень адекватности поведения человека при получении сигнала о пожаре. Количественно оценить степень влияния этих факторов на эффективность СО.

## Изложение основного материала

Перед тем как исследовать указанную зависимость, следует уточнить, что подразумевается под способностью человека адекватно реагировать на сигнал оповещения о пожаре, и каким образом мож-

но в данном случае судить об эффективности СО.

Для того чтобы ответить на эти вопросы, необходимо чётко представлять, что происходит во время возникновения пожара в здании, оборудованном СО, где находятся люди.

Простейшая вербальная модель пожара, описывающая взаимосвязь системы оповещения и людей, находящихся в здании, предполагает следующую последовательность событий.

До пожара в здании, оборудованном СО, находятся люди, занятые своей повседневной деятельностью. В одном из помещений здания возникает пожар, по истечении некоторого времени он обнаруживается. После этого приводится в действие СО, посредством которой в помещения здания подаётся сигнал о пожаре. Люди, находящиеся в помещениях здания, куда был подан сигнал, сенсорно воспринимают и идентифицируют полученный сигнал. Идентифицировав сигнал о пожаре, они приступают к выполнению необходимых действий (эвакуации, тушению и т.п.). При этом выполнение необходимых действий ограничивается во времени. В том случае, если необходимыми действиями является эвакуация, её выполнение является возможным лишь до момента блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Таким образом, адекватной реакцией человека на сигнал о пожаре можно считать своевременное выполнение действий по эвакуации. Судить об эффективности СО в данном случае можно по тому, какая доля людей будет выполнять такие действия.

Следует отметить, что наличие адекватной реакции на сигнал о пожаре у человека будет наблюдаться лишь в том случае, если человек будет способен:

- сенсорно воспринимать сигнал оповещения;
- идентифицировать полученный сигнал как сигнал о пожаре, предполагающий выполнение определенных действий;
- выполнять необходимые действия по сигналу о пожаре в течение ограниченного времени.

При отсутствии у человека хотя бы одной из вышеуказанных способностей адекватной реакции на сигнал о пожаре не будет.

Способность человека сенсорно воспринимать сигнал оповещения зависит от способа оповещения.

Согласно действующих в Украине, России и Белоруссии нормативных документов [1 – 3] для оповещения людей о пожаре в зданиях применяется 5 типов систем оповещения. Во всех типах указанных систем оповещение людей, находящихся в здании, где возник пожар, осуществляется подачей либо звуковых, либо световых, либо сочетанием звуковых и световых сигналов. Применение исключительно световых сигналов имеет место только в тех случаях, когда применение звукового сигнала не

является эффективным. В первую очередь, это ситуации, связанные с оповещением людей, имеющих плохой слух, людей, которые находятся в помещениях с большим уровнем шума окружающей среды, либо в помещениях, где люди используют шумозащитное снаряжение.

Способность человека идентифицировать полученный сигнал как сигнал о пожаре, предполагающий выполнение определенных действий, зависит от того, владеет ли человек информацией о значении данного сигнала.

Этой информацией человек может владеть ещё до момента поступления сигнала о пожаре, если с ним, например, было проведено соответствующее обучение, или в ситуации, когда данный сигнал он получает не впервые. Также информацию о значении сигнала оповещения человек может получить непосредственно в момент получения сигнала, при условии, что данный сигнал такую информацию содержит (является носителем такой информации).

Ни одна из закреплённых нормами [1 – 3] форм подачи сигнала СО, за исключением речевого сообщения, не содержит информации о событии, которое произошло (о пожаре). Учитывая данное обстоятельство, можно предположить, что необходимым условием для осуществления правильной идентификации человеком сигнала о пожаре является проведение специального обучения, которое предусматривает ознакомление человека с сигналом о пожаре, либо же использование сигналов, содержащих информацию о событии.

Способность человека выполнять необходимые действия по сигналу о пожаре в течение ограниченного времени зависит от знания человеком того, что необходимо делать по сигналу о пожаре, и от умения человека выполнять данные действия.

Информацией о необходимых действиях человек может овладеть как до получения сигнала о пожаре, так и в момент получения сигнала. В первом случае такая возможность реализуется посредством проведения специального обучения, во втором – путём сообщения человеку необходимой информации подаваемым сигналом оповещения.

Никаким особым умениям обучать человека, от которого по сигналу о пожаре требуется лишь эвакуироваться, не нужно. Большинство людей начинают самостоятельно ходить в возрасте около одного года, задолго до того, как начинают понимать, что такое пожар. Проведение обучения с целью выработки специальных умений необходимо лишь в том случае, если от человека требуется выполнение каких-либо дополнительных действий, таких как, например, организация эвакуации, тушение пожара.

Что же касается существующих сигналов СО, то ни один из них, за исключением речевых сообщений, не содержит информации о необходимых

действиях. Учитывая данное обстоятельство, можно предположить, что необходимым условием для выполнения человеком необходимых действий по сигналу о пожаре является проведение специальной подготовки с целью приобретения таких знаний и умений, либо же использование сигналов, содержащих информацию о необходимых действиях.

Таким образом, факторами, определяющими степень адекватности поведения человека при получении сигнала о пожаре, являются способ оповещения, информативность сигнала оповещения, а также подготовленность людей к выполнению необходимых действий.

Для того чтобы оценить степень влияния этих факторов на эффективность СО, был проведён эксперимент, воспроизводящий события, описанные в ранее рассмотренной простейшей вербальной модели пожара.

При этом перед его проведением были сделаны некоторые предположения, а также введены некоторые ограничения, касающиеся места проведения, испытуемых людей и подаваемых сигналов оповещения.

1. В качестве места проведения эксперимента было определено использовать помещение общественного здания без очага возгорания.

Целесообразность введения данного ограничения связана с тем, что здания, как правило, состоят из различных помещений, связанных между собой на одном этаже коридорами, а на разных этажах – лестничными клетками. При нормальной эксплуатации здания нахождение людей является возможным в любом из названных элементов здания, но основную часть времени большинство людей проводит именно в помещениях [11]. Люди, находящиеся в помещении, где возник пожар, могут непосредственно наблюдать момент возгорания и развитие пожара, вследствие чего факт пожара для них является очевидным, и наличие угрозы для их жизни не вызывает сомнения. В данном случае подача сигнала о пожаре системой оповещения, которая ввиду инерционности этой системы ещё и осуществляется с некоторой задержкой, будет иметь второстепенное значение.

2. В момент подачи сигнала в помещении должен находиться один испытуемый.

Необходимость введения данного ограничения связана с тем, что при нахождении в одном помещении двух и более людей, не все из них смогут действовать «по своей воле». В частности люди, которые по отношению к другим выступают начальниками (лидерами), могут определённым образом ограничивать свободу действий подчинённых. Следует отметить, что даже при отсутствии между людьми каких-либо социальных связей, когда люди друг с другом незнакомы, не исключена возможность наступления

коллективной реакции, характерной особенностью которой является неосознанное повторение людьми чужих действий.

3. Испытуемые должны состоять из двух одинаковых по численности групп людей. В первую группу должны входить люди, имеющие представление о пожаре, с которыми предварительно проводился противопожарный инструктаж. Вторая группа людей должна была состоять из людей, не имеющих достаточного представления о пожаре, с которыми инструктаж не проводился. Люди, прошедшие испытание, не должны контактировать с людьми, которым испытание ещё только предстоит пройти.

4. Сигналы оповещения должны подаваться с использованием существующих способов: звукового, светового и комбинированного. Используемые оповещатели должны удовлетворять всем нормативным требованиям [1 – 3, 12], в частности тем, которые касаются обеспечения необходимого уровня слышимости, разборчивости речи, цветовой гаммы, яркости света, частоты мерцания. Ввиду невозможности точного определения места установки световых оповещателей (должны устанавливаться, как правило, в зоне прямой видимости), их установка должна осуществляться аналогично световым указателям «выход» – непосредственно над выходом из помещения согласно [13].

5. По степени информативности сигналы оповещения условно разделяются на три группы.

Первую группу составляют сигналы малой информативности.

К ним следует отнести те сигналы, которые не содержат информации ни о том, о чем они сообщают ни о том, что надо делать:

- включение сирены (тонального сигнала);
- включение мигающей лампочки, указателя «выход»;
- включение сирены, мигающей лампочки, указателя «выход».

Вторую группу составляют сигналы средней информативности.

К ним следует отнести те сигналы, которые содержат информацию о событии, которое произошло (о пожаре), либо же те, которые содержат информацию о том, что надо делать:

- передача звукового сообщения «внимание, в здании пожар»;
- включение световой надписи «пожар»;
- передача звукового сообщения «внимание, в здании пожар» и включение световой надписи «пожар»;
- передача звукового сообщения «покиньте помещение»;
- включение световой надписи «покиньте помещение»;

– передача звукового сообщения и «включение световой надписи «покиньте помещение».

Третью группу составляют сигналы достаточной информативности.

К ним следует отнести те сигналы, которые содержат информацию о событии, которое произошло (о пожаре), и о том, что надо делать:

- передача звукового сообщения «внимание, в здании пожар, срочно покиньте здание»;
- включение световой надписи «пожар, покиньте здание».
- передача звукового сообщения «внимание, в здании пожар, срочно покиньте здание» и включение световой надписи «пожар, покиньте здание».

Схема проведения эксперимента с учетом вышеуказанных уточнений и ограничений выглядела следующим образом.

Исследуемый человек помещается в помещение, где занимается повседневной деятельностью. По истечении некоторого времени в помещение подается сигнал о пожаре. На выходе из помещения осуществляется фиксация как самого факта покидания человеком помещения, так и времени, по истечении которого он покинул помещение. В тех случаях, когда человек не покидал помещение, либо покидал помещение с опозданием, выяснялась причина, по которой данный человек не выполнял указанных действий.

Всего было произведено 240 испытаний: каждый из 12 сигналов оповещения подавался 10 испытуемым из каждой группы людей. То, чем были заняты испытуемые, находясь в помещении во время испытания, не учитывалось.

Анализ полученных результатов проведенного эксперимента показал, что такие факторы, как способ подачи сигнала, его информативность и подготовленность людей определенным образом влияют на эффективность СО (табл. 1).

Эффективность СО есть не что иное как вероятность наступления адекватной реакции людей при получении сигнала о пожаре,  $P_{\text{эф. сигнала}}^{CO}$ .

С учётом представленных в таблице данных значение данного показателя будет определяться как:

$$P_{\text{эф. сигнала}}^{CO} = P_{\text{сенс. воспр.}} \cdot P_{\text{ад. реакции}}$$

где  $P_{\text{сенс. воспр.}}$  – вероятность того, что сигнал оповещения будет сенсорно воспринят людьми, значение которой соответствует указанной в табл. 1 доле испытуемых, обративших внимание на сигнал оповещения;

$P_{\text{ад. реакции}}$  – вероятность наступления адекватной реакции людей, сенсорно воспринявших сигнал о пожаре, значение которой соответствует указанной в табл. 1 доле испытуемых, приступивших к эвакуации.

Таблица 1

Средние значения параметров, позволяющих оценить степень влияния различных факторов на эффективность СО

Степень влияния способа подачи сигнала				
Способ подачи сигнала		Средняя доля испытуемых, обративших внимание на сигнал		
звуковой		0,975		
световой		0,4		
комбинированный		0,987		
Степень влияния подготовленности людей				
Категория людей	Средняя доля испытуемых, приступивших к эвакуации		Средняя доля испытуемых, приступивших к эвакуации своевременно	
проинструктированные	0,795		0,578	
не проинструктированные	0,511		0,3	
Степень влияния информативности сигнала				
Информативность сигнала	Средняя доля испытуемых, приступивших к эвакуации		Средняя доля испытуемых, приступивших к эвакуации своевременно	
	среди проинструктированных	среди не проинструктированных	среди проинструктированных	среди не проинструктированных
Малая	0,76	0,228	0,56	0,09
Средняя (о событиях)	0,769	0,41	0,577	0,181
Средняя (о действиях)	0,737	0,5	0,37	0,228
Достаточная	1,0	1,0	0,833	0,761

Имея данные о СО можно, полагаясь на полученные результаты исследования, количественно оценить эффективность данной системы.

Например, для СО, использующих сигналы достаточной информативности, подаваемые комбинированным способом при условии проведения предварительного обучения людей необходимым действиям,  $R_{\text{эф. сигнала}}^{\text{СО}}$  составит 0,822.

### Выводы

В ходе проведенных исследований по изучению взаимосвязи между эффективностью систем оповещения о пожаре и способностью людей адекватно реагировать на подаваемые этими системами сигналы, было установлено, что эффективность систем оповещения людей о пожаре существенно зависит от способа подачи сигнала, его информативности, а также подготовленности людей к действиям при пожаре. Полученные при этом числовые показатели, характеризующие степень влияния данных факторов на эффективность систем оповещения, позволяют делать количественную оценку эффективности проектируемых, а также существующих систем оповещения людей о пожаре в здании. Данное обстоятельство следует учитывать при проекти-

ровании указанных систем, а также при расчете величины пожарных рисков.

### Список литературы

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; К.: 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.
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. *Дутов В.И. Психологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре / В.И. Дутов, И.Г. Чурсин.* – М.: Защита, 1993. – 210 с.
5. *Самошин Д.А. Применение концепции «Человек-Среда-Пожар» для понимания поведения персонала торговых комплексов при пожаре: Дисс. канд. техн. наук / Самошин Д.А.* – М., 2005.
6. *Ландышев Н.В. Идентификация людьми, находящимися в здании, звукового сигнала о пожаре – важный принцип построения систем оповещения / Н.В. Ландышев // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Том 16, №2. – С. 56-57.*

7. Proulx G. *The Time Delay to Start Evacuation Upon Hearing a Fire Alarm* / G. Proulx // *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting*. – 1994. – P. 811-816.

8. Brennan P. *Timing Human Response in Real Fires* / P. Brennan // *Proceedings Of The Fifth International Symposium On Fire Safety Science*. – 1997. – P. 807-818.

9. Brennan P. *Impact of Social Interaction on Time to Begin Evacuation in Office Buildings Fires: Indication for Modelling Behaviour* / P. Brennan // *Interflame Conference*. – 1996. – P. 701-709.

10. Bruck D. *The Who, What, Where and Why of Waking to Fire Alarms: a Review* / D. Bruck // *Fire Safety Journal*. – 2001. – Vol. 36. – P. 623-639.

11. Холщевников В.В. Влияние закономерностей передвижения городского населения на пропускную способность пунктов доступа многофункциональных высотных

зданий-комплексов / В.В. Холщевников // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2008. – Том 17, № 1. – С. 34-43.

12. 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.

13. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23-2010. – Офіц. вид. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2010.

Поступила в редколлегию 17.01.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОЖЕЖУ ВІД ЗДАТНОСТІ ЛЮДЕЙ АДЕКВАТНО РЕАГУВАТИ НА СИГНАЛИ ОПОВІЩЕННЯ

Р.В. Лиходід, В.М. Рудницький

У статті представлені результати дослідження залежності ефективності систем оповіщення від здатності людей адекватно реагувати на сигнал оповіщення про пожежу. Визначено числові значення показників, які дозволяють робити кількісну оцінку ефективності систем оповіщення про пожежу.

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

### STUDY OF THE EFFICIENCY OF FIRE WARNING SYSTEMS FROM PEOPLE'S ABILITY TO ADEQUATELY RESPOND TO THE FIRE ALARM SIGNAL

R.V. Lihodid, V.N. Rudnitsky

The article presents the results of a study of the efficiency of fire warning systems from people's ability to adequately respond to the fire alarm signal. Defined numeric indicators to make a quantitative estimate of the effectiveness of fire warning systems.

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