

Удмуртское региональное отделение
Общероссийской общественной организации
«Российское научное общество анализа риска»

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ

Сборник статей

Выпуск 12



Ижевск
2018

УДК 614.84, 681.51, 004.031.4, 004.492

ББК 68.9я431

Б40

Научный редактор:

доктор технических наук, профессор В. М. Колодкин

Председатель организационного комитета:

руководитель Российского научного общества анализа риска,

кандидат психологических наук М. И. Фалеев

Б40 Безопасность в техносфере : сборник статей / науч. ред. В. М. Колодкин. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. — 164 с.

ISBN 978-5-4344-0523-2

Данный сборник, в основном, соответствует материалам, представленным на XII Международной конференции «Безопасность в техносфере». Главная тема Конференции — Цифровые системы обеспечения безопасности.

Рассмотрены вопросы интеграции цифровых подсистем, таких как подсистема автоматического контроля количества людей в помещениях здания, подсистема автоматического мониторинга среды в горящем здании и т.д., в интегрированную систему автоматического формирования указаний людям путей эвакуации из горящего здания в режиме реального времени.

В статьях раскрываются принципы организации системы, вопросы создания математического, алгоритмического и программного обеспечения. Содержание статей дает системное представление о современных проблемах безопасности в техносфере и способах их решения.

УДК 614.84, 681.51, 004.031.4, 004.492

ББК 68.9я431

ISBN 978-5-4344-0523-2

© УРО ООО «Российское научное общество анализа риска», 2018

© ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

I Цифровые системы обеспечения безопасности	5
<i>В.М. Колоджин, Б.В. Чирков, Д.Е. Ушаков</i>	
Повышение эффективности системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в здании . . .	6
<i>Б.В. Чирков</i>	
Методы совершенствования и алгоритмы управления эвакуацией из здания	19
<i>А.М. Сивков</i>	
Протокол последовательной передачи данных	45
<i>Д.Е. Ушаков, Б.В. Чирков</i>	
Исследование ограничений расстановки беспроводных узлов на базе микроконтроллера ATmega128RFA1	48
<i>А.М. Сивков, А.Н. Семакина</i>	
Об электрической схеме подключения сенсора инфракрасных лучей	53
<i>А.М. Сивков, Д.А. Пухова</i>	
О влиянии солнечного света на инфракрасный сенсор .	56
<i>С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина</i>	
Результаты разработки, реализации и внедрения программного комплекса «СОУЭ-ПК» на инфраструктурных объектах ОАО «РЖД»	58
II Техносферная безопасность	67
<i>М.Э. Галиуллин</i>	
Картографическая подсистема веб-сервиса оценки риска на техногенных объектах	68
<i>А.В. Радикова, В.О. Анашин</i>	
Анализ и оценка аварийного риска с точки зрения системного анализа	83
<i>В.О. Анашин, А.В. Радикова</i>	
Ранжирование территорий по уровню коллективного риска при авариях на техногенных объектах на примере автозаправочных станций	88
<i>А.В. Романенко, Г.М. Чигвинцев, С.В. Широков, Д.В. Варламов, С.Ю. Загуменов</i>	
Проект противопожарного комплекса для повышения безопасности людей и эффективности применения средств индивидуальной защиты и средств пожаротушения	96

<i>Д.М. Варламова</i>	
Обзор существующих методов по оценке экономической эффективности систем пожарной безопасности	108
<i>И.М. Янников, В.С. Кужлин, В.И. Молчанов, А.Е. Любаков</i>	
О некоторых аспектах применения спринклерных установок пожаротушения на производстве	115
<i>А.С. Соловьева, М.В. Телегина</i>	
Поддержка принятия решений по обеспечению безопасности химически опасных объектов	121
<i>Ф.В. Недопекин, Н.С. Шестакин, А.В. Несова</i>	
Анализ потенциала поглощения диоксида углерода на перспективных участках его хранения в Донбассе	126
<i>И.М. Янников, М.В. Шабардин, М.В. Телегина</i>	
Экологическое картографирование реабилитируемых территорий	133
<i>А.Ю. Лучина</i>	
Двухскоростная модель движения газожидкостной смеси в аэротенках с пневматической системой аэрации	138
<i>И.М. Янников, И.Н. Вологжанин, Р.Г. Бадамшина</i>	
Проблематика автоматизации прогнозирования паводков и наводнений	143
<i>Д.М. Костин</i>	
Автоматизированная система персонализированного учета нарушений требований охраны труда	148
<i>В.В. Бодряга, Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов</i>	
Экологическая проблема утилизации графитной спели при переливах чугуна	154

УДК 614.8

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ПО ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д.М. Варламова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

e-mail: *dina@rintd.ru*

В статье представлен обзор существующих методов по оценке экономической эффективности систем пожарной безопасности. Рассмотрены программные комплексы, которые состоят из разделов по оценке экономической эффективности. Обоснована необходимость разработки программного комплекса по оценке стоимости работ по установке систем противопожарной защиты, которая позволит минимизировать затраты по оснащению системами противопожарной защиты.

Ключевые слова: экономическая эффективность, системы пожарной безопасности, снижение затрат.

Согласно нормативным документам все образовательные учреждения должны быть оборудованы системами пожарной безопасности. В нормативных документах описаны все системы пожаротушения, какие должны быть установлены в зданиях. При установке систем противопожарной защиты следует учитывать не только экономическую эффективность, но и эффективность срабатывания систем.

Первым документом, в котором рассматривалась методика оценки экономической эффективности, является ГОСТ 12.1.004-91 [1]. В данном стандарте представлены общие требования пожарной безопасности к объектам различного назначения и установлены требования к разработке проектов компенсирующих средств и систем обеспечения пожарной безопасности на стадиях строительства, реконструкции и эксплуатации объектов, для объектов, не соответствующих действующим нормам [1].

В приложении 4 стандарта [1] описан метод оценки экономической эффективности систем пожарной безопасности, который состоит из следующих разделов:

- экономическая оценка эффективности и затрат на обеспечение пожарной безопасности;

- расчет экономических потерь от пожара;
- расчет ожидаемых экономических потерь от возможного пожара;
- метод определения площади пожара.

Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности определяется как социальными (оценивает соответствие фактического положения установленному социальному нормативу), так и экономическими (оценивает достигаемый экономический результат) показателями [1].

Расчет экономических потерь определяют по формуле 1.

$$\Pi_{\text{пр}} = \Pi_1 - \Pi_2, \quad (1)$$

где Π_1 , Π_2 – экономические потери от одного пожара на охраняемом объекте соответственно до и после реализации мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [1]. Экономические потери от пожара на объекте могут быть определены на основании статистических данных о пожарах и использовании расчетного метода.

При использовании статистических данных при оценке экономических потерь от пожара учитывались потери части национального богатства, потери в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий, потери из-за неиспользования возможностей вследствие пожара, социально-экономические потери.

Прогноз экономических потерь от возможного пожара производится на основе расчета параметров развития пожара на объекте (в здании), а также данных об эффективности элементов и систем обеспечения пожарной безопасности.

Математическое ожидание экономических потерь от пожара $M(\Pi)$ вычисляют по формуле 2.

$$M(\Pi) = M(\Pi_{\text{н.б.}}) + M(\Pi_{\text{о.р.}}) + M(\Pi_{\text{п.о.}}), \quad (2)$$

где $M(\Pi_{\text{н.б.}})$ – математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства, руб./год; $M(\Pi_{\text{о.р.}})$ – математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара, руб./год; $M(\Pi_{\text{п.о.}})$ – математическое ожидание потерь от простоя объекта, обусловленного пожаром [1], руб./год.

Метод предназначен для определения площади пожара, значение которой необходимо при расчете потерь от пожара на объекте. Расчет площади пожара проводят для горючих и легковоспламеня-

ющихся жидкостей; она принимается равной площади размещения жидкостей или площади аварийного разлива [1].

Затем был разработан документ МДС 21-1.98 «Предотвращение распространения пожара» [2], в котором методика технико-экономического обоснования была вынесена в приложение. В данной методике рассмотрены следующие разделы:

- определение ожидаемых потерь от пожара;
- определение вероятности возникновения пожара;
- расчет площади развития пожара;
- оценка воздействия пожара;
- расчет пожарной нагрузки в здании, помещении;
- определение вида пожара;
- определение эквивалентной продолжительности локального пожара;
- определения размеров повреждения здания в случае объемного пожара;
- определение предельного значения количества пожарной нагрузки для условий локального и объемного пожаров и т.д.

В 2001 году Методика была представлена в виде отдельного документа [3]. Эффективность затрат, согласно данному документу, определяется на основе сопоставления притоков и оттоков денежных средств, связанных с реализацией принимаемого решения по обеспечению пожарной безопасности здания. В методике представлены примеры по оценке экономической эффективности для различных объектов [3]. При оценке материальных годовых потерь от пожара учитываются математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных соответственно первичными средствами пожаротушения; установками автоматического пожаротушения; привозными средствами пожаротушения; при отказе средств пожаротушения [3]. В методике рассмотрены примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий для конкретных объектов: административно-бытовой корпус, производственное здание автокомбината, складское здание и т.д.

По каждому объекту дана краткая характеристика, выполнено натурное обследование объекта, проведена оценка функциональной и конструктивной пожарной опасности, рассчитаны годовые потери от пожаров.

Исследования по данной теме ведутся многими авторами. Например, в работе [4] описана экономическая эффективность ресурсного обеспечения в области пожарной безопасности. Описаны разделы:

- 1 Понятие и сущность экономической эффективности капитальных вложений в противопожарную защиту.
- 2 Метод сравнительного анализа эффективности вариантов противопожарной защиты.
- 3 Требования к базе (эталону) для сопоставления вариантов противопожарной защиты.
- 4 Порядок и основные этапы экономической оценки инженерно-технических решений в области обеспечения пожарной безопасности.

Авторы работы [5] рассмотрели методы оценки эффективности технических средств и систем обнаружения пожара, выполнили оценку влияния характеристик пожарной сигнализации на эффективность системы безопасности промышленного предприятия. Также в работе [5] представлена оценка эффективности новых разработок технических средств пожарной сигнализации.

В работе [6] описан метод декомпозиции методологии исследования эффективности систем пожарной безопасности для обеспечения пожаротушения различного типа объектов. Представлена структура модели оценки эффективности, в которую также включена и методика оценки эффективности системы пожарной безопасности.

Также существует большое количество программных комплексов по оценке пожарного риска, но ни в одном из программных комплексов нет модулей по оценке экономической эффективности по оснащению здания системами противопожарной защиты.

К наиболее распространенным программным комплексам относятся:

- «Фогард» (разработчик – ООО «Институт технического регулирования и независимой экспертизы» (Интернэкс).

Комплекс состоит из модулей: для определения расчетного времени эвакуации на основе упрощенной аналитической модели, для получения необходимого времени эвакуации с использованием интегральной и зонной моделей, для определения расчетных величин пожарного риска [7].

- **«Ситис»** (разработчик – ООО «Строительные информационные технологии и системы»). Комплекс состоит из модулей: для расчета времени эвакуации (с использованием упрощенной аналитической и имитационно-стохастической моделей движения людей); для расчета времени эвакуации людей с учетом индивидуальных особенностей отдельного человека в потоке на основе российских стандартов; для расчета величины пожарного риска [8].
- **«Fenix»** (разработчик – ЗАО «Современные программные технологии»). Для расчетов времени эвакуации из здания применяется индивидуально-поточная модель движения людей, для расчета времени достижения критических значений ОФП – полевой метод моделирования пожара [9]. В данной программе представлен расчет риска, моделирование эвакуации и пожара.
- **«Русь» «Пожарная безопасность»** (разработчик – ООО Научно-производственное предприятие «Авиаинструмент»). Программный комплекс состоит из большого количества пакетов прикладных программ: «Расчет времени эвакуации», «Расчетные величины пожарного риска на производственных объектах», «Расчет социально-экономического ущерба» и т.д. [10]. Программные модули созданы на основе ГОСТов, различных утвержденных методик.

Таким образом, возникает задача разработки программного приложения для оценки экономической эффективности оснащения здания системами противопожарной защиты. Задача программного приложения будет состоять в оценке стоимости работ по установке систем противопожарной защиты в исследуемом объекте (проектируемом, реконструируемом, строящемся и т.д.), в сравнении результатов и выводе оптимального варианта: соотношение пожарного риска и затрат по оснащению здания системами противопожарной защиты.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).
2. МДС 21-1.98 «Предотвращение распространения пожара» (пособие к СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»).
3. МДС 21-3.2001 «Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий» к СНиП 2101-97*.
4. Экономические аспекты обеспечения пожарной безопасности. – Режим доступа: http://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Kolledg/20.02.04/Metod_doc/116/Metod_EAOPB_Lek_20.02.04_29082016.pdf, свободный (02.04.2018).
5. Оценка эффективности новых методов и технических средств обнаружения пожара. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2008-3/01-03-08.ttb.pdf>, свободный (02.04.2018).
6. Метод декомпозиции методологии исследования эффективности систем пожарной безопасности. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/metod-dekompozitsii-metodologii-issledovaniya-effektivnosti-sistem-pozharnoy-bezopasnosti>, свободный (02.04.2018).
7. Фогард – Пожарные программы On-line. – Режим доступа: <http://fogard.ru/>, свободный (12.12.2017).
8. СИТИС. Пожарная безопасность. – Режим доступа: <http://www.sitis.ru/>, свободный (03.04.2018).
9. Fenix+ Программа для расчета пожарного риска в зданиях и сооружениях. – Режим доступа: <http://mst.su/fenix/>, свободный (03.04.2018).
10. Программный комплекс «РУСЬ» «Пожарная безопасность». – Режим доступа: http://www.aieco.ru/programms_main_pozhar.html#z2801, свободный (03.04.2018).

REVIEW OF EXISTING METHODS FOR ASSESSING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF FIRE SAFETY SYSTEMS

D.M. Varlamova

Udmurt State University, 426034 Russia, Izhevsk, Universitetskaya, 1
e-mail: *dina@rintd.ru*

The article provides an overview of existing methods for assessing the economic efficiency of fire safety systems. Software packages are considered, which consist of sections on the evaluation of economic efficiency. The necessity of development of a software complex for estimating the cost of works on the installation of fire protection systems, which will minimize the costs of equipping with fire protection systems, is grounded.

Keywords: estimation of economic efficiency, fire protection systems, fire risk, cost optimization.