

УДК: 614.84

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Проблемы оповещения и управления эвакуацией людей в задаче определения расчетных величин пожарного риска

Д. В. Шихалев,
Р. Ш. Хабибулин,
Академия ГПС МЧС России,
г. Москва

Е. М. Любимов,
С. А. Алексин,
ЗАО «Современные
программные технологии»,
г. Нижний Новгород

Аннотация

В статье рассмотрены требования пожарной безопасности к системам оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Проведен анализ существующих программных продуктов, направленных на реализацию и моделирование функционирования системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Установлено, что требования, касающиеся оповещения и управления эвакуацией, изложенные в методике оценки величин пожарного риска, в настоящее время подтвердить путем моделирования невозможно. Анализируются причины сложившейся ситуации и предлагается решение данной проблемы.

Ключевые слова: пожар, моделирование, управление эвакуацией, алгоритмы управления, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Содержание

Введение

1. Анализ требований пожарной безопасности к системам оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре
 2. Анализ существующих программных продуктов, направленных на реализацию и моделирование функционирования системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре
 3. Обсуждение полученных результатов, выводы и направления дальнейшей работы
- Заключение
Литература

Введение

Анализ статистических данных [1] и информации о крупных пожарах в зданиях торговых центров [2] показал наличие ряда проблем, связанных с организацией эвакуации при пожаре, в частности, в действиях посетителей и обслуживающего персонала, которые, как известно [3—6], носят неоднородный характер. При поступлении информации о пожаре люди, как правило, приступают к эвакуации. Однако имеют место случаи, когда они склонны к игнорированию сигнала о пожаре либо к ожиданию подтверждающих признаков пожара (задымление, массовая эвакуация, повышение температуры и др.). Важным фактором в поведении человека при пожаре является его представление о внутренней планировке здания. В случае если внутри здания применены сложные архитектурные конструкции и план этажа здания труден для понимания, это непременно

оказывает негативное влияние на эвакуируемых и повышает их уровень стресса, который возникает во время эвакуации [7].

Организация эвакуации посетителей из здания возлагается на персонал, который должен информировать о необходимости покинуть здание и расположении ближайших эвакуационных выходов. В то же время ряд работ свидетельствует о проблемах в данной области. В эксперименте [8] персоналу торгового центра предлагалось назвать по памяти эвакуационные выходы или места, где расположены указатели путей эвакуации, после чего полученные данные были сравнены с результатами ответа посетителей ТЦ на аналогичные вопросы. Результаты показывают, что представления об эвакуационных путях и выходах у персонала и у посетителей разные. Персонал в основном называл выходы, с которыми посетители незнакомы. Такие выходы расположены, как правило, рядом с рабочими местами персонала (вероятнее всего, это выходы, ежедневно используемые сотрудниками для выхода из здания). Таким образом, при пожаре могут возникнуть затруднительные ситуации, когда персонал будет указывать на эвакуационные выходы, незнакомые посетителям.

В работах [9, 10] проведен анализ поведения персонала торговых центров при пожаре и процесса эвакуации людей из высотных зданий, в результате чего было установлено, что поведение служащих было несхожим с поведением эвакуируемых при поступлении различных сигналов о пожаре. Действия, вызванные при обнаружении дыма и срабатывании sireны пожарной сигнализации (по сравнению с действиями, вызванными при обнаружении пламени), в большей мере направлены на исследование ситуации. Опираясь также на другие полученные данные, авторы заключили, что служащие не строго ассоциируют дым с пожаром.

Таким образом, с одной стороны, посетители ожидают от персонала указаний к действиям по эвакуации из здания, а с другой — персонал не всегда может объективно оценить текущую ситуацию и указать безопасное направление движения. Поэтому зачастую персонал склонен к анализу ситуации при поступлении сигнала «пожар», что в свою очередь отражает факт дефицита информации.

Устранение факта дефицита информации в большой степени возлагается на систему оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) [11], которая предназначена для своевременного информирования людей о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации.

Таким образом, несмотря на то, что существуют системы оповещения и управления эвакуацией и разработаны различные управляющие процессом эвакуации элементы, эвакуируемые склонны к игнорированию информационных указателей направления движения.

Вышеуказанные проблемы ставят необходимость тщательного исследования системы оповещения и управления эвакуацией.

1. Анализ требований пожарной безопасности к системам оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

Система оповещения и управления эвакуацией — комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации [11].

Первое упоминание об оповещении и управлении эвакуацией датировано концом 1980-х годов. В период с конца 80-х годов по настоящее время менялись требования, нормы, документы, регламентирующие построение СОУЭ, разрабатывались и вводились рекомендации [12], руководства [13], пособия [14], нормы пожарной безопасности [15, 16], закон [17] и свод правил [11]. В настоящее время документом, который определяет требования в области построения СОУЭ, является свод правил СП 3.13130.2009 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре».

Таким образом, на СОУЭ как на один из функциональных элементов системы обеспечения пожарной безопасности (СОПБ) объекта защиты распространяются требования действующего законодательства Российской Федерации [11, 17, 18]. Рассмотрим данные требования.

В статьях 3, 5 нормативного акта [17] дано определение СОПБ, представлены ее элементы

и функции, а также указано на необходимость ее наличия на каждом объекте защиты. Целями создания такой системы являются предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. СОУЭ включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

В статьях 51, 52, 81, 82 [17] обозначены цели, задачи системы противопожарной защиты и ее основные функции, общие требования, предъявляемые к СОУЭ, требования, предъявляемые к функциональным характеристикам систем противопожарной защиты, общие требования пожарной безопасности к СОУЭ. Определены способы, с помощью которых должно осуществляться оповещение и управление эвакуацией людей. В частности, для управления эвакуацией предусмотрен пункт 2, который предполагает управление с помощью трансляции специально разработанных текстов о необходимости эвакуации, путях эвакуации, направлении движения и других действиях, обеспечивающих безопасность людей и предотвращение паники при пожаре. Однако данное мероприятие будет неэффективно, если фактическое местоположение очага пожара не совпадает с очагом пожара, принятым в качестве расчетного для разработки текстов [19, 20].

В нормативном документе по пожарной безопасности [11] определены требования пожарной безопасности к СОУЭ, способам светового, звукового и речевого оповещения, приводится классификация СОУЭ, а также требования по оснащению зданий и сооружений различными ее типами.

Рассмотрев требования пожарной безопасности к системам оповещения и управления эвакуацией, делаем вывод, что существуют различные средства и способы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Однако эвакуируемые склонны к игнорированию этих средств, возможно, ввиду либо их неэффективности, либо некорректной реализации данных функций в уже существующих СОУЭ. Рассмотрим, каким образом возможно подтвердить правильность и обоснованность принятия существующих средств управления (указатели направления движения, речевые инструкции, динамические указатели).

На основании Федерального закона [17] пожарная безопасность объекта считается обеспеченной, если выполнены в полном объеме требования технических регламентов и пожарный риск не превышает допустимых значений. Технический регламент [17], в части касающейся СОУЭ, устанавливает лишь общие требования, т.е. указывает на необходимость такой системы, ее цели, задачи и функции.

Расчет величин пожарного риска осуществляется на основании методики, изложенной в приказе [21]. Определение расчетных величин пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании. Индивидуальный пожарный риск отвечает требованию, если расчетная величина индивидуального пожарного риска (Q_B^H) не превышает нормативное значение (Q_B), равное $1 \cdot 10^{-6}$.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска для i -го сценария пожара в зданиях рассчитывается по формуле:

$$Q_{B,i} = Q_{n,i} \cdot (1 - K_{АП,i}) \cdot P_{ПР,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{П.3,i}), \quad (1)$$

где $Q_{n,i}$ — частота возникновения пожара в здании в течение года, определяемая на основании статистических данных;

$K_{АП,i}$ — коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее — АУП) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$P_{ПР,i}$ — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения;

$P_{э,i}$ — вероятность эвакуации людей;

$K_{П.3,i}$ — коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Рассмотрев переменные в формуле (1), делаем вывод, что наличие СОУЭ влияет на два параметра: вероятность эвакуации людей и коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты. Рассмотрим данные коэффициенты.

Вероятность эвакуации людей принимается равной 0,999, если время блокирования эвакуационных путей одним из ОФП, умноженное на коэффициент 0,8, больше времени эвакуации. Время эвакуации

людей из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу одним из следующих способов:

- упрощенно-аналитическая модель;
- индивидуально-поточная модель;
- имитационно-стохастическая модель.

Выбор способа определения расчетного времени эвакуации производится с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей (однородности) людей, находящихся в нем.

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, рассчитывается по формуле:

$$K_{ПЗ,i} = 1 - (1 - K_{обн,i} \cdot K_{СОУЭ,i}) \cdot (1 - K_{обн,i} \cdot K_{ПДЗ,i}), \quad (2)$$

где $K_{обн,i}$ — коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{СОУЭ,i}$ — коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{ПДЗ,i}$ — коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, в здании следует предусмотреть дополнительные противопожарные мероприятия, направленные на снижение величины пожарного риска. К числу таких мероприятий относится, в том числе, устройство систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа.

При применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия устройства системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа следует выполнить расчет по оценке параметра с учетом перераспределения потоков эвакуирующихся и изменения схемы эвакуации в зависимости от сценариев

возникновения и развития пожара и алгоритма функционирования системы оповещения людей о пожаре и управлением эвакуации людей.

Рассмотрев требования пожарной безопасности к системам оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, методику определения расчетных величин пожарного риска, делаем вывод, что для подтверждения принятых проектных решений в системе оповещения и управления эвакуацией людей необходимо проводить моделирование эвакуации людей при пожаре.

Перейдем к рассмотрению программных комплексов по моделированию эвакуации людей на предмет наличия функций перераспределения потоков эвакуирующихся и изменения схемы эвакуации в зависимости от сценариев возникновения и развития пожара, а также реализации алгоритма функционирования СОУЭ.

2. Анализ существующих программных продуктов, направленных на реализацию и моделирование функционирования системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

При компьютерном моделировании эвакуации людей при пожаре программный комплекс должен осуществлять перераспределение эвакуационных потоков в зависимости от сценария развития пожара и алгоритма функционирования СОУЭ. Сигналы к изменению маршрутов движения должны подаваться непосредственно компьютерной программой.

Для эффективного перераспределения эвакуационных потоков в зависимости от сценария развития пожара и алгоритма функционирования СОУЭ необходимо получать данные о распределении людей и значении ОФП в здании. Эта информация позволит выбрать оптимальный сценарий управления эвакуацией. Таким образом, сначала необходимо подобрать модель движения людей, которая позволит рассматривать эвакуируемого как единичного субъекта, на которого возможно оказать управленческое воздействие.

В настоящее время разработано большое количество моделей движения людей во время эвакуации при пожаре.

Нельзя определенно сказать, что одна модель лучше другой. Каждая из моделей предназначена для решения определенного класса задач. При необходимости учета комплексных сценариев эвакуации следует применять модели, которые рассматривают человека как индивида с определенным набором свойств, и основаны на том, что динамика всех эвакуируемых формируется движением каждого индивида. К таким моделям относятся индивидуально-поточные модели [24].

Проведем анализ существующих программных комплексов моделирования эвакуации, в которых реализована индивидуально-поточная модель движения, на предмет возможности подтверждения принятых проектных решений в области оповещения и управления эвакуацией.

Анализ публикаций [25—26] позволил выявить программные продукты, где для моделирования процесса эвакуации применяется индивидуально-поточная модель движения.

Анализ программных продуктов проведен по наличию следующих функциональных возможностей:

- возможность реализации различных алгоритмов работы СОУЭ. То есть установление каждому эвакуируемому (группе эвакуируемых) времени начала эвакуации (время, когда человек (группа) будет оповещен о необходимости начала эвакуации);
- возможность каждому индивиду определить маршрут, по которому он должен эвакуироваться наружу или в безопасную зону;

- возможность в ходе эвакуации изменять сценарий эвакуации в зависимости от динамики развития пожара;

- возможность в удобной форме представить информацию о выбранном алгоритме работы СОУЭ, особенностях процесса эвакуации и динамики развития пожара, а также фактической работе СОУЭ в процессе эвакуации.

Анализ показал, что в каждой программе имеется возможность реализации различных алгоритмов работы СОУЭ и определения маршрута движения для каждого индивида.

Однако необходимо констатировать, что рассмотренные программные продукты (за исключением *JuPedSim*) не позволяют изменять сценарий эвакуации непосредственно в ходе моделирования.

3. Обсуждение полученных результатов, выводы и направления дальнейшей работы

Рассмотрев требования пожарной безопасности к системам оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре и методику определения расчетных величин пожарного риска, авторы сделали вывод, что для подтверждения принятых проектных решений в системе оповещения и управления эвакуацией людей необходимо проведение моделирования эвакуации людей при пожаре.

По рассмотрении программных комплексов по моделированию эвакуации людей при пожаре установлено, что в настоящее время отсутствуют

Функциональные возможности программных комплексов по моделированию эвакуации людей

Таблица

№ п/п	Программа	Реализация различных алгоритмов работы СОУЭ	Маршрут движения для каждого индивида	Изменение сценария в ходе эвакуации	Удобное представление данных о сценарии развития эвакуации	Тип распространения	Страна-разработчик	Наличие графического интерфейса
1	Эватек	+	+	—	—	Коммерческое	Россия	+
2	Pathfinder	+	+	—	—	Коммерческое	США	+
3	Fenix+	+	+	—	—	Коммерческое	Россия	+
4	JuPedSim	+	+	+	—	Некоммерческое	Германия	—
5	FDS+Evac	+	+	—	—	Некоммерческое	Интернациональная разработка (преимущественно США)	—

программные продукты, разработанные в России, позволяющие:

- изменять сценарий эвакуации в ходе моделирования;
- определить алгоритм работы СОУЭ в зависимости от динамики развития пожара.

Кроме того, ни одна из программ не позволяет рассмотреть ситуации, когда процесс эвакуации будет координировать человек посредством речевого оповещения.

Таким образом, противоречие заключается в том, что существует система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, однако эвакуируемые склонны к игнорированию информационных указателей направления движения. Этому способствует отсутствие возможности подтверждения принятых проектных решений в области размещения различных управляющих элементов системы СОУЭ путем моделирования эвакуации с применением соответствующих программных продуктов.

Казалось бы, очевидной причиной этому явлению служит отсутствие данных о поведении людей при пожаре, алгоритмов и моделей выбора маршрутов эвакуации. Однако публикации исследователей говорят об обратном.

Заключение

Опубликовано большое количество работ, посвященных исследованию поведения людей при пожарах [27—30], рассматривающих различные аспекты: выбор маршрута движения, поведение в начальной стадии эвакуации, влияние эвакуационных знаков на процесс принятия решений, исследование реакций людей на различные ситуации, складывающиеся в ходе эвакуации при пожаре и др. Разработаны [31—33] различные алгоритмы и модели выбора маршрутов движения непосредственно в ходе процесса эвакуации, проведена оценка их эффективности и разработаны технологии их интеграции в существующие СОУЭ.

Таким образом, имеются все предпосылки для программной реализации функций перераспределения потоков эвакуирующихся и изменения сценария эвакуации в зависимости от динамики развития пожара и реализации алгоритма функционирования СОУЭ в целях оценки принятых проектных решений.

В ходе дальнейшего исследования планируется разработка специального модуля для моделирования управления эвакуацией людей при пожаре на базе программы для расчета пожарного риска *Fenix+*. Разрабатываемый модуль будет реализовывать следующие функции:

- возможность изменения сценария эвакуации в ходе моделирования;
- возможность определения различных алгоритмов выбора маршрута движения людей во время эвакуации при пожаре с учетом особенностей поведения людей и их реакции на управляющие воздействия;
- формирование подробной документации о реализованном сценарии эвакуации, при котором обеспечивается нормативное значение пожарного риска.

В результате реализации данных функций будет готов полноценный конструктор СОУЭ, который позволит оценить различные алгоритмы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, а также существующие и вновь принятые проектные решения в области систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: статистический сборник / Под общ. ред. А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2016. 137 с.
2. Шихалев Д.В., Хабибулин Р.Ш. Системы управления эвакуацией в зданиях торгово-развлекательных центров // Пожаровзрывобезопасность. 2013. № 6. С. 61—65.
3. Zhao C.M. et al. Investigation of Pre-evacuation Human Behavior under Fire Situations Based on 2000—2002 Newspaper Reports on Fire Occurrences in Hong Kong: scientific report. International institute for applied systems analysis, 2005. 7 p.
4. Liang J. Analysis on people's evacuating behavior during the building fire // Fire Science and Technology. 2009. Vol. 28. № 11. P. 866—869.
5. N. Oberije' et al. Fire in euroborg football stadium: analysis of human behavior // Proceedings of the Fourth International Symposium on Human Behaviour in Fire. Cambridge, 2009. P. 323—334.
6. Самошин Д.А. Применение концепции «Человек-Среда-Пожар» для понимания поведения персонала

- торговых комплексов при пожаре: дис. ... докт. фил. / Самошин Дмитрий Александрович. О., 2004. 187 с.
7. M. Kobes et al. Building safety and human behaviour in fire: a literature review // *Fire Safety Journal*. 2010. Vol. 45. № 1. P. 1—11.
 8. Carattin E. Wayfinding architectural criteria for the design of complex environments in emergency scenarios // *Advanced research workshop proceedings*. Santander. 2011. P. 209—222.
 9. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий // *Жилищное строительство*. 2008. № 8. С. 24—26.
 10. Шилдс Д. и др. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть II. Действия в смоделированной ситуации «пожар в торговом комплексе» // *Пожаровзрывобезопасность*. 2005. № 1. С. 44—55.
 11. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: свод правил (утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 173) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2014. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
 12. Рекомендации по устройству систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1984. 19 с.
 13. Временное руководство по проектированию систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре объектов народного хозяйства. РНД 73-45-89. Новосибирск: «Спецавтоматика», 1989. 154 с.
 14. Пособие к СНиП 2.08.02-89. Пособие по проектированию систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в общественных зданиях [Электронный ресурс]: Пособие к строительным нормам и правилам (утв. постановлением Госстроя СССР от 16 мая 1989 г. № 78) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2014. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
 15. Нормы пожарной безопасности НПБ 104-95 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» [Электронный ресурс]: нормы пожарной безопасности (утв. Главным государственным инспектором РФ по пожарному надзору, введены в действие приказом ГУГПС МВД РФ от 18 августа 1995 г. № 22) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2014. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
 16. Нормы пожарной безопасности НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» [Электронный ресурс]: нормы пожарной безопасности (утв. Министром МЧС РФ, введены в действие приказом МЧС РФ от 20 июня 2003 г. № 323) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2014. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
 17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федер. закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2013. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
 18. Правила противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390: (в ред. от 17 фев. 2014 г.) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2014. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
 19. Колодкин В.М., Чирков Б.В. Снижение пожарного риска в зданиях с массовым пребыванием людей // *Проблемы анализа риска*. 2015. № 1. С. 52—59.
 20. Колодкин В.М., Варламов Д.В., Яценко А.А. Современные технологии расчета и управления пожарными рисками в зданиях и сооружениях // *Проблемы анализа риска*. 2013. № 5. С. 22—27.
 21. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 (зарегистрировано в Минюсте РФ 06.08.2009 № 14486): (в ред. от 12.12.2011) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2014. Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.
 22. Chraibi M. Validated force-based modeling of pedestrian dynamics: PhD thesis / Forschungszentrum Jülich, 2012.
 23. Hoogendorn S.P., Bovy P., Daamen W. Microscopic pedestrian wayfinding and dynamics modeling // *Pedestrian and Evacuation Dynamics*. 2002. P. 123—154.
 24. Холщевников В.В. и др. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
 25. Самошин Д.А. Современные программные комплексы для моделирования процесса эвакуации // *Пожарная безопасность в строительстве*. 2011. № 1. С. 62—65.

26. Холщевников В.В., Парфененко А.П. Сопоставление различных моделей движения людских потоков и результатов программно-вычислительных комплексов // Пожаровзрывобезопасность. 2015. № 5. С. 68—75.
27. Schroder B. et al. Knowledge- and Perception-Based Route Choice Modelling in Case of Fire // 6th International Symposium on Human Behaviour in Fire. 2015. P. 327—338.
28. Olander J. et al. Dissuasive exit signage for building fire evacuation // Applied Ergonomics. 2017. Vol. 59, Part A. P. 84—93.
29. Haghani M., Sarvi M. Human exit choice in crowded built environments: Investigating under lying behavioral differences between normal egress and emergency evacuations // Fire Safety Journal. 2016. Vol. 85. P. 1—9.
30. Galea E.R. et al. Evacuation response behaviour of occupants in a large theatre during a live performance // Fire and Materials. 2017. Special issue paper. P. 1—26.
31. Шихалев Д.В. Информационно-аналитическая поддержка управления эвакуацией при пожаре в торговых центрах: дис. ... канд. техн. наук / Шихалев Денис Владимирович. М., 2015. 175 с.
32. Колодкин В.М., Чирков Б.В., Ваштиев В.К. Модель движения людских потоков для управления эвакуацией при пожаре в здании // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2015. № 3. С. 430—438.
33. Валеев С.С., Кондратьева Н.В., Янгирова А.Ф. Иерархическая система поддержки принятия решений при эвакуации людей из здания в критических ситуациях // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2014. № 1. С. 161—166.

Сведения об авторах

Шихалев Денис Владимирович: кандидат технических наук, научный сотрудник учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий, Академия ГПС МЧС России
Количество публикаций: 33, в т. ч. монографий, учебных изданий
Область научных интересов: информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений

Контактная информация:

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, д. 4
Тел.: +7 (916) 034-44-25
E-mail: evacsystem@gmail.com

Хабибулин Ренат Шамильевич: кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России

Количество публикаций: 57, в т. ч. монографий, учебных изданий

Область научных интересов: информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений

Контактная информация:

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, д. 4
Тел.: +7 (910) 417-80-38
E-mail: kh-r@yandex.ru

Любимов Евгений Михайлович: технический директор, ЗАО «Современные программные технологии»

Количество публикаций: 2, в т. ч. монографий, учебных изданий

Область научных интересов: информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений

Контактная информация:

Адрес: 603086, г. Нижний Новгород, улица Стрелка, д. 4а
Тел.: +7 (831) 429-07-43
E-mail: e.lyubimov@mst.su

Алексин Сергей Аркадьевич: генеральный директор, ЗАО «Современные программные технологии»

Количество публикаций: 3, в т. ч. монографий, учебных изданий

Область научных интересов: информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений

Контактная информация:

Адрес: 603086, г. Нижний Новгород, улица Стрелка, д. 4а
Тел.: +7 (831) 429-07-43
E-mail: e.lyubimov@mst.su