

Том 13, 2016, № 1
Vol. 13, 2016, No. 1

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Цена статистической жизни

Volume Headline:

The value of a statistical life



Официальное издание Экспертного совета МЧС России и Российского научного общества анализа риска
Official Edition of the Expert Council of EMERCOM of Russia and Russian Scientific Society for Risk Analysis

Том 13, 2016, № 1
Vol. 13, 2016, No.1

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis



Общероссийская общественная организация
«Российское научное общество анализа риска»



ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)



Финансовый издательский дом
«Деловой экспресс»

Редакционный совет:

Воробьев Юрий Леонидович (председатель),

кандидат политических наук, заместитель председателя Совета Федерации
Федерального собрания Российской Федерации, председатель Экспертного совета МЧС России

Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя),

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
начальник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ),
заместитель председателя Экспертного совета МЧС России

Солодучина Лариса Владимировна,

управляющий Акционерным обществом «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Фалеев Михаил Иванович,

кандидат политических наук, начальник ФКУ «Центр стратегических исследований
гражданской защиты МЧС России»,
президент Российского научного общества анализа риска

Редакционная коллегия:

Быков Андрей Александрович (Главный редактор),

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
вице-президент Российского научного общества анализа риска

Порфирьев Борис Николаевич (заместитель Главного редактора),

член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией анализа
и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Аверченко Владимир Александрович,

кандидат экономических наук, профессор кафедры «Финансовая стратегия» Московской школы экономики
МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Совета директоров Инвестиционной Группы «Бизнес Центр»

Башкин Владимир Николаевич,

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН

Елохин Андрей Николаевич,

доктор технических наук, член-корреспондент РАЕН, начальник отдела страхования ОАО «ЛУКОЙЛ»

Живетин Владимир Борисович,

доктор физико-математических наук, профессор, ректор Института проблем риска

Кременюк Виктор Александрович,

доктор исторических наук, профессор, заместитель директора Института США и Канады РАН

Махутов Николай Андреевич,

член-корреспондент РАН, Председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска
и проблем безопасности, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А. А. Благонравова РАН

Мельников Александр Викторович,

доктор физико-математических наук, профессор, факультет математических
и статистических наук, Университет провинции Альберта, Эдмонтон, Канада

Ревич Борис Александрович,

доктор медицинских наук, руководитель лаборатории прогнозирования качества окружающей среды
и здоровья населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Сенчагов Вячеслав Константинович,

доктор экономических наук, профессор, вице-президент РАЕН,
директор Центра финансовых и банковских исследований Института экономики РАН

Соложенцев Евгений Дмитриевич,

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией интегрированных систем
автоматизированного проектирования Института проблем машиноведения РАН

Сорогин Алексей Анатольевич,

кандидат технических наук, директор по специальным проектам
Акционерного общества «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Сорокин Дмитрий Евгеньевич,

член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор,
первый заместитель директора Института экономики РАН

Сосунов Игорь Владимирович,

кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

Табаков Валерий Алексеевич,

кандидат экономических наук, Ph.D и DBA в области делового администрирования, член Совета директоров, председатель
правления Инвестиционной Группы «Бизнес Центр», Президент Группы компаний ИКТ

Интервью номера

- 4 Стоимость статистической жизни и цена риска
Интервью с главным редактором журнала А. А. Быковым

Цена риска

- 12 Стоимостная оценка социального ущерба, вызванного аварией, и безопасность сооружений
И. Н. Иващенко, НИИ энергетических сооружений, г. Москва
К. И. Иващенко, НТЦ «Гидротехбезопасность», г. Москва

Риски чрезвычайных ситуаций

- 24 Анализ действующей методики оценки эффективности государственной программы «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» и предложения по ее корректировке
В. В. Артюхин, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 32 Применение современных технологий при реагировании на чрезвычайные ситуации
Д. В. Кулешов, Центральный региональный центр МЧС России, г. Москва
- 36 О роли сервисов социальных сетей для поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях
К. Р. Еникеева, А. Х. Абдуллин, О. И. Христовуло, Уфимский государственный авиационный технический университет
Ю. И. Исаева (Юсупова), Уфимский государственный нефтяной технический университет

Моделирование риска

- 46 Результаты системно-динамического моделирования процесса информирования населения при химической аварии
Р. А. Дурнев, А. С. Котосорова, Р. Л. Галиуллина, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 52 Снижение пожарного риска в зданиях с массовым пребыванием людей
В. М. Колодкин, Б. В. Чирков, ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск
- 60 Применение логических деревьев событий при обосновании безопасности опасных производственных объектов
Р. Е. Васильков, ЗАО «Центр аварийно-спасательных формирований», г. Новомосковск
Н. М. Кочетов, Новомосковский институт повышения квалификации
- 70 Интегральная оценка бюджетных рисков
В. В. Гамукин, Тюменский государственный университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет
- 82 Выбор оптимальной стратегии уменьшения риска аварий и инцидентов на опасных производственных объектах с помощью нечеткого многокритериального анализа
С. В. Глухов, А. В. Глухов, ООО «ВолгоУралНИПИгаз», г. Оренбург

Чтобы помнили

- 86 Применение геоинформационных технологий мониторинга для оценки опасностей и рисков
Г. М. Нигметов, К. В. Корнеев, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 92 Аннотации статей на английском языке
- 94 Инструкция для авторов

УДК 614.84

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Снижение пожарного риска в зданиях с массовым пребыванием людей

В.М. Колодкин,
Б.В. Чирков,
ФГБОУ ВПО «Удмуртский
государственный университет»,
г. Ижевск

Аннотация

В статье обсуждается индивидуальный пожарный риск и способы его снижения. Обоснована необходимость построения системы управления эвакуацией людей из здания при пожаре, которая позволит снизить пожарный риск. Описана модель движения людских потоков в здании, которая дает минимальное время эвакуации из здания — RINTD-Evac. Изложены результаты тестирования модели и сравнения ее с Pathfinder и FDS+Evac. Представлено применение программного комплекса RINTD-Evac для проектирования ограничений, которые направлены на уменьшение индивидуального пожарного риска в зданиях.

Ключевые слова: пожарный риск, поиск ограничений, снижение пожарного риска, компьютерное моделирование, людские потоки.

Содержание

Введение

1. Моделирование движения людских потоков при эвакуации из здания
 2. Тестирование модели
 3. Проектирование эксплуатационных ограничений, направленных на снижение пожарного риска
- Заключение
Литература

Введение

Если здание отвечает всем требованиям, которые определены Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности [1], то оно подлежит эксплуатации без каких-либо ограничений. Вместе с тем в практике встречаются случаи, когда здание, в силу конструктивных особенностей, не полностью отвечает требованиям [1], численное значение величины пожарного риска Q_B превышает предельно допустимое значение $Q_B^* = 10^{-6}$, но существует область эксплуатационных ограничений, выполнение которых обеспечивает возможность эксплуатации здания, но с определенными ограничениями. То есть при определенных ограничениях достигается приемлемая величина индивидуального пожарного риска Q_B . К эксплуатационным ограничениям могут относиться, например, ограничения на численность людей или полный запрет на нахождение людей в некоторых помещениях здания. Также возможны ограничения, связанные с эксплуатацией отдельных частей здания, до установки в них, например, технических систем раннего обнаружения пожара и т. д.

Задача состоит в поиске приемлемых эксплуатационных ограничений, которые допускают эксплуатацию здания, но с определенными ограничениями.

В соответствии с [2] здание допускается к эксплуатации, если для наиболее неблагоприятного сценария с пожаром в здании величина индивидуального пожарного риска Q_B отвечает условию

$$Q_B = Q_{\Pi} \cdot (1 - K_{АП}) \cdot P_{\Pi} \cdot (1 - P_{\Xi}) \times (1 - K_{ПЗ}) \leq 10^{-6}, \quad (1)$$

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

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

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

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

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

Из выражения (1) следует, что

$$P_{\Xi} \geq 1 - 10^{-6} / (Q_{\Pi} \cdot (1 - K_{АП}) \cdot P_{\Pi} \cdot (1 - K_{ПЗ})). \quad (3)$$

Для определенности рассмотрим здание учебного корпуса образовательного учреждения. Для здания, в соответствии с [2], положим $Q_{\Pi} = 4 \cdot 10^{-2}$; $K_{АП} = 0$, т. к. здание не оборудовано системой автоматического пожаротушения; $P_{\Pi} = 0,512$, т. к. временной интервал присутствия людей в учебном корпусе составляет 12,3 часа; $K_{ОБН} = 0,8$, т. к. учебный корпус оборудован системой пожарной сигнализации, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; $K_{СОУЭ} = 0,8$, т. к. здание оборудовано системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. $K_{ПДЗ} = 0$, т. к. здание не оборудовано системой противопожарной защиты.

При численных значениях параметров, отвечающих зданию учебного корпуса, в соответствии с (2) имеем $K_{ПЗ} = 0,8704$. Тогда из условия (3) вероятность эвакуации людей из здания должна отвечать условию

$$P_{\Xi} \geq 0,999623. \quad (4)$$

Фактически условие (4) означает, что при любом сценарии, из любого помещения в здании люди должны эвакуироваться ранее, чем путь эвакуации будет заблокирован опасными факторами пожара. Если временной интервал блокирования путей эвакуации — $\Delta t_{об}$; временной интервал обнаружения пожара — $\Delta t_{об}$; временной интервал оповещения людей о пожаре $\Delta t_{оп}$; временной интервал задержки эвакуации, учитывающий психофизические качества человека, — $\Delta t_{пч}$; временной интервал эвакуации людей из здания — Δt_{Ξ} , то условие (4) будет безусловно выполнено, если

$$\Delta t_{об} + \Delta t_{оп} + \Delta t_{пч} + \Delta t_{\Xi} \leq K \cdot \Delta t_{об}, \quad (5)$$

где коэффициент надежности, по аналогии с [2], можно положить $K = 0,8$. В выражении (5) временные интервалы $\Delta t_{об}$, $\Delta t_{об}$ отсчитываются с момента возникновения пожара.

Величина времени блокирования путей эвакуации $\Delta t_{об}$ определяется имманентными свойствами здания. И, следовательно, этой величиной в общем случае управлять затруднительно.

Интервал времени $\Delta t_{об}$ определяется характеристиками системы обнаружения пожара; $\Delta t_{оп}$ определяется техническими характеристиками системы оповещения (инерционностью системы оповещения). Численные значения $\Delta t_{об}$, $\Delta t_{оп}$ могут варьироваться в широком диапазоне значений [3], но эти временные интервалы могут быть доведены до величин, близких к нулю. Поэтому численное значение левой части неравенства (5) определяется значениями $\Delta t_{пч}$ и Δt_{Ξ} , которые в значительной степени зависят от возможностей системы управления эвакуацией людей во время пожара. Следовательно, необходимым условием снижения пожарного риска является построение такой системы управления эвакуацией людей из здания при пожаре, которая обеспечивает минимальное время эвакуации. При этом можно ожидать, что и эксплуатационные ограничения будут минимальны.

1. Моделирование движения людских потоков при эвакуации из здания

Необходимость снижения величины индивидуального пожарного риска, необходимость поиска эксплуатационных ограничений для здания с точки зрения обеспечения пожарной безопасности людей требуют создания динамической системы управления эвакуацией, обеспечивающей $\min(\Delta t_e)$.

В основе управления эвакуацией лежит математическая модель движения людских потоков в здании в условиях пожара. Нужно отметить, что современные модели эвакуации в основном направлены на учет индивидуальных особенностей поведения человека в условиях пожара. Модели реализованы в виде соответствующих программных комплексов. Наиболее известными и распространенными являются программные комплексы: Pathfinder [4], FDS + Evac [5], STEPS [6]. Однако модели и соответствующие программные комплексы ориентированы на моделирование процесса эвакуации людей из здания, но не на управление эвакуацией.

Для целей управления эвакуацией людей из здания в условиях пожара разработана модель движения людских потоков RINTD-Evac, которая обеспечивает:

- минимальное время освобождения помещений здания с учетом развития пожара;
- изменение направления движения людских потоков в здании с учетом динамики развития пожара.

Траектории движения людских потоков проектируются в динамическом режиме исключительно по помещениям, где опасные факторы пожара (температура, концентрация дыма и газов, выделяющихся при пожаре, концентрация кислорода) находятся в допустимых пределах.

Программный комплекс, реализующий модель движения людских потоков RINTD-Evac, функционирует с использованием предварительно сформированной пространственно-информационной модели (ПИМ) здания и с результатами моделирования развития пожара в здании. Пространственно-информационная модель здания (RINTD-ПИМ) представляется в виде совокупности полигонов и связей между полигонами [7]. Каждый полигон имеет набор характеристик в зависимости от его

типа (внутренний дверной проем, эвакуационный выход, межэтажная лестница, помещение и т. д.). Для создания ПИМ здания используется геоинформационная система QGIS [8] со специализированным модулем (RINTD-QGIS). Результат работы модуля RINTD-QGIS хранится в формате JSON. Для целей моделирования эвакуации людей ПИМ здания преобразуется в совокупность поэтажных разностных сеток и совокупность разностных сеток на переходах между этажами.

Результаты моделирования пожара в здании (прогнозирование последствий развития аварийного сценария) передаются в программный комплекс RINTD-Evac в виде временной функции блокирования помещений здания опасными факторами пожара. Принимается допущение, что процесс эвакуации не влияет на процесс пожара в здании.

Модель RINTD-Evac построена на экспериментально установленной зависимости скорости перемещения людей от количества людей в ближайшем окружении [9]:

$$V_{Dj} = V_{0j} \cdot \left(1 - a_j \cdot \ln \frac{D_i}{D_{0j}} \right), \quad (6)$$

где V_{0j} — случайная величина скорости свободного движения (при отсутствии влияния окружающих людей), зависящая от вида пути j ;

a_j — коэффициент, определяющий степень влияния плотности людского потока при движении по j -му виду пути;

D_i — текущее значение плотности потока;

D_{0j} — пороговое значение плотности потока, по достижении которого плотность становится фактором, влияющим на скорость движения.

Коэффициенты, входящие в (6), представлены в табл. 1 [9].

Значения коэффициентов a_j и D_{0j} в зависимости от вида пути

Таблица 1

Вид пути	a_j	D_{0j} , чел./м ²
Горизонтальный в зданиях	0,295	0,51
Проем	0,295	0,65
Лестница вниз	0,400	0,86
Лестница вверх	0,305	0,67

Предельная плотность людей принимается равной

$$D_{max} = 5 \frac{\text{чел.}}{\text{м}^2}.$$

При этом значении плотности не происходит компрессионного сдавливания людей, которое не может учитывать модель.

Разностные сетки, применяемые в модели RINTD-Evac, представляются в виде множества неориентированных графов с выделенными вершинами (корневой граф) $G_m = (V, E)$, $m \in N$, где m — номер графа, N — количество элементов разностной сетки, которые принадлежат эвакуационным выходам, V — непустое множество вершин, E — множество ребер.

Поиск путей по каждому графу G от произвольной вершины до корня (до элемента эвакуационного выхода) осуществляется по измененному алгоритму Дейкстры [10], где вес ребра определяется по следующим правилам:

1. Вес первого ребра, которое соединяет элемент эвакуационного выхода с вершиной графа m , рассчитывается по формуле:

$$t_{i,j,k,m}^p = \frac{h}{V_m^p}, \quad (7)$$

где j, i, k — координаты элемента на разностной сетке;

h — шаг разностной сетки;

V_m^p — скорость движения через эвакуационный выход, рассчитанная по соотношению (6);

m — номер графа;

p — номер ребра, $p \geq 0$.

2. Вес последующих, после первого, ребер рассчитывается по рекуррентной формуле:

$$t_{i,j,k,m}^p = t_{i,j,k,m}^{p-1} + \frac{h}{V_m^p}, \quad (8)$$

где V_m^p — скорость движения, рассчитанная по соотношению (1);

$p \geq 1$.

Обновление значений весов ребер по правилам (7) и (8) в пределах графа происходит на каждом расчетном шаге.

Программный продукт RINTD-Evac реализован на языке программирования Java и включает в себя три базовых модуля:

- моделирующая программа;
- графический интерфейс пользователя;
- интерфейс двухмерной визуализации результатов в режиме моделирования.

Программный комплекс моделирования базируется на алгоритме RINTD-Evac. Здание для комплекса RINTD-Evac представляется в формате RINTD-ПИМ. Графический интерфейс пользователя разработан с использованием графической библиотеки Java Swing.

Перед запуском программного комплекса необходимо указать:

- характеристики пространственно-временной разностной сетки;
- распределение людей по помещениям здания.

Запуск процедуры моделирования осуществляется через графический интерфейс пользователя. Интерфейс визуализации моделирования при работе программного комплекса позволяет наблюдать процесс движения людских потоков в здании. Процесс движения людских потоков отображается в виде изменения плотности людей в каждом элементе площади здания. Изменение плотности людей представляется изменением цветового градиента от желтого к красному, что соответствует изменению плотности от минимума до максимума.

Результатом работы программного комплекса моделирования является таблица распределения людей по помещениям здания в заданные моменты времени (табл. 2). Время эвакуации фиксируется по моменту выхода последнего человека из здания.

2. Тестирование модели

Для тестирования модели движения людских потоков при эвакуации людей из здания использовались результаты, представленные в работе [11]. В работе приводится сравнение результатов моделирования процесса эвакуации людей из здания, полученных на основе широко используемых моделей FDS+Evac [5] и Pathfinder [4]. Были использованы сопоставимые пространственно-информационные модели здания и совпадающее распределение людей по помещениям здания.

Распределение людей по помещениям по времени

Таблица 2

№	Момент времени t , мин									
	0,0	0,24	0,48	0,62	0,96	1,2	1,44	1,68	1,92	2,14
1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
143	0	9	18	14	8	7	8	0	0	0
145	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0
166	0	9	24	40	40	29	27	19	7	0
205	0	9	26	24	24	19	12	8	2	0
368	20	15	15	15	15	10	0	0	0	0
605	0	28	36	36	36	36	24	9	0	0
607	0	4	5	6	7	6	3	2	0	0
609	0	31	45	30	18	3	0	0	0	0

На рис. 1 представлены графики зависимости количества людей в здании от времени, а в табл. 3 — численные значения характерных интервалов времени применительно к использованию моделей FDS+Evac, Pathfinder и RINTD-Evac.

Сопоставление численных значений для параметров эвакуационных процессов, полученных в рамках различных моделей, показывает, что характеристики различаются незначительно. По крайней мере для относительно простого здания, на котором сравнивались модели FDS+Evac и Pathfinder [11].

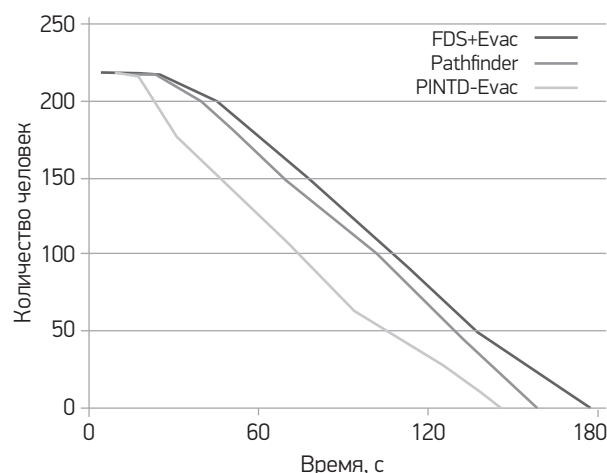


Рис. 1. Зависимость количества людей в здании от времени

Вместе с тем, как и следовало ожидать, специализированная модель RINTD-Evac приводит к минимальным временам эвакуации людей из здания.

Время эвакуации первого и последнего человека при использовании различных моделей эвакуации

Таблица 3

Модель	Время, с	
	t_1^*	$t_{эв}^{**}$
FDS+Evac	24	178
Pathfinder	22	159
RINTD-Evac	16,8	146

* t_1 — время выхода из здания первого человека, с.

** $t_{эв}$ — время выхода из здания последнего человека, с.

3. Проектирование эксплуатационных ограничений, направленных на снижение пожарного риска

В ряде случаев общественное здание по тем или иным параметрам не отвечает требованиям пожарной безопасности. Но вывод здания из эксплуатации связан с определенными экономическими потерями. В этом случае целесообразно выявить область эксплуатационных ограничений, с учетом которых эксплуатация здания экономически целесообразна. Очевидно, что экономическая целесообразность

эксплуатации здания будет возрастать с уменьшением эксплуатационных ограничений.

Эксплуатационные ограничения могут быть наложены на распределение пожарной нагрузки по помещениям здания, на распределение людей по помещениям здания и т. д. Проектирование эксплуатационных ограничений призвано обеспечить выполнение неравенства (5) для любого аварийного сценария и любого помещения в здании.

Для определенности рассмотрим здание учебного корпуса вуза, площадь которого $\approx 10\,000\text{ м}^2$ с числом студентов ≈ 2000 человек. Для здания построена пространственно-информационная модель и выделены три десятка сценариев, которые, по предварительным оценкам, являются наиболее опасными с точки зрения последствий. Выбор сценариев осуществляется методом экспертных оценок.

Моделирование развития опасных факторов пожара и расчет времени блокирования ими путей эвакуации производились с использованием интегральной математической модели [12]. Для наиболее опасных сценариев расчеты уточнялись с использованием полевой модели пожара и программного комплекса FDS [13]. Определение времени эвакуации с учетом динамики блокирования путей эвакуации осуществлялось с использованием программного продукта RINTD-Evac.

Исследования позволили выявить помещения, где нарушается условие (5), если в них находятся люди, то есть если планируется эксплуатировать здание, то эти помещения должны быть исключены для нахождения в них людей.

Другие помещения были исследованы на нахождение предельного количества человек, которые могут присутствовать в помещении.

На рис. 2 изображен план этажа здания, где находится исследуемое помещение. Цифрой 1 отмечено помещение, в котором происходит возгорание, цифрой 2 — исследуемое помещение. Помещение 1 имеет выход наружу, поэтому через него проходит ряд эвакуационных путей с этажа и путь из помещения 2.

На рис. 3 показан результат исследований — зависимость относительного времени эвакуации от количества людей в помещении. Отсюда следует, что предельное количество человек, которое может находиться в указанном помещении, равняется 38.

Ранние версии программного комплекса RINTD-Evac использовались при анализе пожарной безопасности зданий общеобразовательных учреждений [14], при ранжировании районов Удмуртской Республики по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений. При этом исследовалось 160 зданий, расположенных на территориях 24 районов Удмуртской Республики [15].

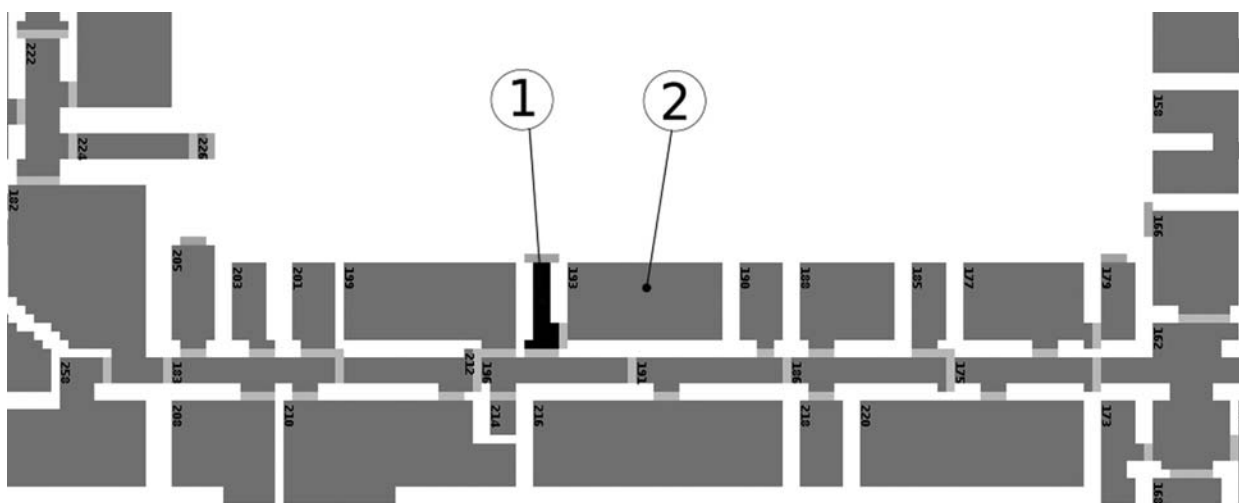


Рис. 2. План здания с указанием помещений сценария: 1 — помещение с пожаром, 2 — исследуемое помещение

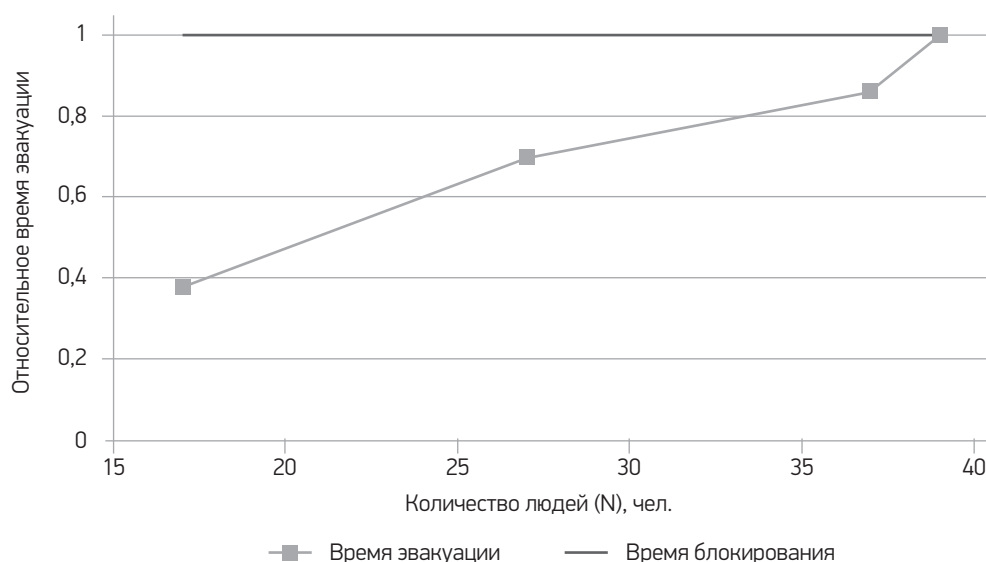


Рис. 3. Зависимость времени освобождения помещения от количества в нем людей

Заключение

Предложена методика снижения пожарного риска в зданиях с массовым пребыванием людей. Методика предполагает поиск эксплуатационных ограничений, в первую очередь на распределение людей по помещениям здания. Показано, что минимальные эксплуатационные ограничения связаны с использованием системы управления эвакуацией, которая строится на основе минимизации времени эвакуации людей из здания в условиях пожара.

Работа поддержана грантом Минобрнауки № RFMEFI57414X0038 в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы».

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 23 июня 2014 г.). Федеральный закон 123-ФЗ [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: утв. приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382; зарегистрировано в Минюсте России 6 авг. 2009 г. № 14486 (в ред. приказа МЧС России от 12.12.2011 № 749). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А. и др. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара. Монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 158 с.
4. Pathfinder [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://fseg.gre.ac.uk/exodus/>, свободный (дата обращения: 15.05.2015).
5. Korhonen T., Hostikka S. Fire dynamics simulator with evacuation: FDS+Evac // Technical Reference and User's Guide. VTT Technical Research Centre of Finland. 2009.
6. STEPS [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.steps.mottmac.com/>, свободный (дата обращения: 15.05.2015).
7. Галиуллин М.Э. Создание и использование Пространственно-Информационной Модели здания (ПИМ) для расчета величины риска при составлении декларации пожарной безопасности // Безопасность в техносфере: Сборник статей «Удмуртский университет», 2015. С. 59—80.
8. QGIS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.qgis.org/ru/site/>, свободный (дата обращения: 15.05.2015).

9. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Эвакуация и поведение людей при пожарах. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.
10. Ахо А.В., Хопкрофт Д.Э., Ульман Д.Д. Структуры данных и алгоритмы. Издательский дом Вильямс, 2000. С. 193—197.
11. Grigoros Z.C. Analysing the human behavior in a fire drill. Comparison between two evacuation software: Fds+Evac and Pathfinder. 2014.
12. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России. 2000. Т. 118. С. 2.
13. Fire Dynamic Simulator — FDS [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://fire.nist.gov/fds/>, свободный (дата обращения: 15.05.2015).
14. 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 (10). С. 28—37.
15. Колодкин В.М., Морозов О.А. Ранжирование территорий по уровню пожарной опасности общественных зданий // Пожарная безопасность, 2013. № 1. С. 112—118.

Сведения об авторах

Колодкин Владимир Михайлович: доктор технических наук, профессор, директор института гражданской защиты ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»

Число публикаций: 200

Область научных интересов: математическое моделирование, технологии и программные комплексы

Контактная информация:

Адрес: г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1, корпус 6, офис 309

Тел.: +7 (3412) 91-60-85

E-mail: kolodkin@rintd.ru

Чирков Борис Владимирович: аспирант ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»

Число публикаций: 10

Область научных интересов: математическое моделирование, технологии и программные комплексы

Контактная информация:

Адрес: г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1, корпус 6, офис 309

Тел.: +7 (912) 854-93-56

E-mail: b.v.chirkov@gmail.com

КРУПНЕЙШАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ВЫСТАВКА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

17 - 20 мая

Москва, ВДНХ, павильон №75



международный салон



КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2016



Тематические разделы

 **Пожарная
безопасность**

 **Техника
охраны**

 **Безопасность
границы**

 **Медицина
катастроф**

 **Защита
и оборона**

 **Средства
спасения**

 **Экологическая
безопасность**

 **Промышленная
безопасность**

 **Информационные
технологии**

 **Комплексная безопасность
на транспорте**

 **Ядерная радиационная и
химическая безопасность**

 **Авиационно-спасательные
технологии гражданской обороны**

 **Безопасность
на водных объектах**

 **Технологии дистанционного
зондирования земли**

 **Материально-техническое
обеспечение силовых структур**