

хозяйственной службы – хранение канцелярских товаров (бумага), лакокрасочные покрытия, легко-воспламеняющиеся жидкостей (спирт, бензин); здание хранения и подачи кислородных баллонов – хранится кислород в больших количествах, а также различного рода горючие масла.

• показано, что силы и средства Ахтубинского района предназначены только в предположении возникновения пожара по рангу №2, чего недостаточно, если вдруг произойдут наиболее опасные чрезвычайные события или же если повысится ранг пожара.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
2. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. Закон Астраханской области от 09.10.2007 № 63/2007-ОЗ «О пожарной безопасности в Астраханской области».
5. Постановление Правительства Астраханской области от 01.11.2011 № 430-П «О Положении о противопожарной службе Астраханской области».
6. Приказ МЧС России от 08.07.2004 № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях».
7. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 04.05.2012 № 477-н «Об утверждении перечня состояний, при которых оказывается первая помощь, и перечня мероприятий по оказанию первой помощи».
8. Приказ МЧС России от 09.01.2013 № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом ФПС ГПС аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде».
9. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23.12.2014 № 1100-н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».
10. Приказ МЧС России от 09.03.2016 № 111 «Об утверждении Перечня территориальных пожарно-спасательных гарнизонов».

© М. Б. Гамботов, Д. А. Багдагюлян, А. М. Капизова

Ссылка для цитирования

Гамботов М. Б., Багдагюлян Д. А., Капизова А. М. Факторы, влияющие на ликвидацию и тушение пожаров в больничных учреждениях на примере ахтубинской районной больницы астраханской области // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 107–114.

(N.V. OTOSVANA/RETRACTED 14.07.2022)

УДК 519.714.2

DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-114-122

ИТЕРАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ КАК КОМПОНЕНТЫ «УМНОГО ДОМА»

С. С. Гусев, В. В. Макаров

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва, Россия

В статье рассматривается модель фактического времени эвакуации людей при пожаре, устройство и алгоритмы работы системы пожарной сигнализации, как сегмента «умного дома». Также проводится моделирование процессов эвакуации людей из здания при наступлении чрезвычайной ситуации, учитывая плотность потока людей и скорость потока передвижения, рассмотрены различные сценарии организации рабочего пространства и поведения людей. Проводится обзор существующих решений. Так, например, приводится итерационная модель расчета фактического времени эвакуации людей при пожаре, итерационная модель расчета индивидуального пожарного риска. Как результат, предлагается перечень рекомендаций для более рационального использования пространства зданий и снижения степени потенциального ущерба в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Целью работы является расчет фактического времени эвакуации людей при интенсивности и скорости движения людского потока на разных участках путей в зависимости от плотности потока людей.

Ключевые слова: *умный дом, моделирование процессов, чрезвычайная ситуация, здания и сооружения, рекомендации, процессы эвакуации людей из зданий.*

ITERATIVE MODELS OF EVACUATION OF PEOPLE FROM THE BUILDING AS COMPONENTS OF THE «SMART HOME»

S. S. Gusev, V. V. Makarov

V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The article discusses the model of the actual time of evacuation of people in case of fire, the device and algorithms of the fire alarm system, as a segment of the «Smart Home». It also simulates the processes of evacuation of people from the building in the event of an emergency, taking into account the density of the flow of people and the speed of the flow of movement, considering various scenarios of the organization of the working space and the behavior of people. The existing solutions are reviewed. For example, an iterative model for calculating the actual time of evacuation of people in a fire, an iterative model for calculating the individual fire risk is given. As a result, a list of recommendations is proposed for more rational use of building space and reducing the degree of potential damage in the event of emergencies. The purpose of the work is to calculate the actual time of evacuation of people at the intensity and speed of the human flow on different sections of the tracks, depending on the density of the flow of people.

Keywords: *smart home, process modeling, emergency situation, buildings and structures, recommendations, processes for evacuating people from buildings.*

Введение

Современная жизнедеятельность человека плотно связана с объектами капитального строительства, которыми являются здания, строения, сооружения.

Неотъемлемыми элементами объектов капитального строительства являются инженерные системы [1]. Их состав регламентируется проектной документацией. Примером инженерных систем, которые обеспечивают безопасность, может стать система пожарной сигнализации, пожаротушения, система оповещения и управления эвакуацией, система контроля доступа и т. д. К инженерным системам жизнеобеспечения относятся системы отопления, водоснабжения, электроснабжения и др.

Автоматизированное управление позволяет оперативно управлять инженерными системами с помощью заложенной в систему модели поведения с целью снижения ущерба в результате аварийных ситуаций.

Наиболее распространённым примером чрезвычайных ситуаций (ЧС) являются пожары, вследствие которых возможна гибель людей. Бытовым примером ЧС являются аварии систем водоснабжения или отопления, следствием которых является материальный ущерб.

Динамично развивающимся сегментом управления инженерными системами является комплекс задач по мониторингу и управлению зданиями, строениями, сооружениями, который получил название «умный дом».

«Умный дом» – интеллектуальная система, обеспечивающая автоматическую и согласованную работу всех систем жизнеобеспечения и безопасности [2].

Обеспечение пожарной безопасности людей требует организации их безопасной эвакуации. Критерии безопасной эвакуации людей – своевременность и беспрепятственность – в настоящее время проверяются на основе расчетов с помощью тех или иных моделей движения людского потока, реализованных в исполнительных алгоритмах для ЭВМ.

Снижение величины ущерба здоровью человека при ЧС зависит от многих факторов, таких как, количество людей в здании, ширина дверных проемов, количество пожарных и запасных выходов из здания и др.

Исследования в этой области выявили множество алгоритмов расчёта эвакуации и факторов для оптимизации процесса эвакуации из здания. Но эти алгоритмы описывают любую систему только в общем случае, приводя средние значения, не затрагивая частные случаи задачи (например, когда в помещении находится количество людей большее, чем предусмотрено по проекту, эвакуация из небоскребов – это особая задача, она не рассматривается в данной работе и др.).

Таким образом, задача исследования различных случаев эвакуации с целью уменьшения

материальных и людских потерь, является актуальной проблемой.

Требуется исследовать устройство и алгоритмы работы системы пожарной сигнализации, как сегмента «умного дома», а также провести моделирование процессов эвакуации людей из здания при наступлении ЧС, учитывая плотность потока D и скорость потока v , рассмотрев различные сценарии организации рабочего пространства и поведения людей. И, как результат предложить перечень рекомендаций для более рационального использования пространства зданий и снижения степени потенциального ущерба в случае возникновения ЧС.

Целью работы является расчет фактического времени эвакуации людей при интенсивности и скорости движения людского потока на разных участках путей в зависимости от плотности потока людей.

Постановка задачи

Задачей инженерных систем, которыми оснащено любое современное здание, является создание комфортных условий жизни и условий труда человека, а также уменьшение ущерба в случае возникновения сбоев, аварий, нестандартных (чрезвычайных) ситуаций. Важную роль при этом играет умение правильно повести себя при наступлении ЧС, своевременно и адекватно реагировать на оповещение об аварии и организованно, спокойно покинуть здание, не создавая паники и давки.

Процесс организованной эвакуации требует соблюдения множества факторов, среди которых нормы пожарной безопасности, правила поведения при пожаре, пропускная возможность дверных проемов, в случае любой ЧС лифты отключают в здании и многое другое.

Пожарная сигнализация и система оповещения позволяют обнаружить возгорание на ранних его стадиях и предотвратить пожар. Для лица принимающего решения (ЛПР) ответственного за пожарную безопасность в здании, важно понимать алгоритмы, по которым работает пожарная сигнализация и система оповещения при пожаре, а также иметь перечень правил, которым должны следовать люди, находящиеся в здании в момент ЧС, в зависимости от своих должностных инструкций. Для решения данной задачи требуется проанализировать алгоритмы работы инженерных систем и методы реагирования на различные виды отклонений параметров системы пожарной сигнализации.

Важной задачей при наступлении нестандартной ситуации является эвакуация людей. Существует множество нормативных документов, регламентирующих правила поведения при пожаре и ЧС. Подобные документы приводят средние величины, не рассматривая частные случаи, поскольку составить план эвакуации при ЧС в любом здании невозможно потому, что любой нормальный человек должен следовать плану эвакуации, который висит на стенке.

Для обеспечения безопасности при эвакуации людей из здания в случае возникновения ЧС, оснащенного системой «умный дом», необходимо на примере системы пожарной сигнализации решить следующие задачи:

- провести моделирование процессов реагирования на критические отклонения параметров системы пожарной сигнализации;
- реализовать имитационное моделирование процессов эвакуации людей из здания при ЧС, установить величины времени эвакуации при различных сценариях;
- провести анализ и оценку полученных величин, дать заключение по предотвращению тяжких последствий при эвакуации.

Таким образом, задача исследования различных случаев эвакуации с целью предотвращения материальных и людских потерь, является актуальной проблемой.

Обзор существующих решений

Итерационная модель расчета фактического времени эвакуации людей при пожаре

Итерационная модель расчета фактического времени эвакуации людей при пожаре была предложена М. С. Кадуриной [3–6]. По результатам проведенного исследования, были рассмотрены два метода расчета фактического времени эвакуации людей при пожаре: методика, разработанная в МЧС и методика, предложенная Холщевниковым В. В. ещё в начале 80-х гг. В результате анализа было выявлено, что ныне существующие методы расчета времени эвакуации, хоть и эффективны и достаточно точны, но представляют собой сложный алгоритм, требующий учета большого числа факторов, что в свою очередь весьма усложняет и увеличивает время расчетов. Поэтому, объединив описанные выше методики, она предложила улучшенную модель расчета фактического времени эвакуации, которая была названа итерационной.

Основной идеей итерационной модели расчета, предложенной М. С. Кадуриной, является построение простой модели, приближенной к реальному математическому аппарату, основанному на реальных оценках модели. В то же время, расчет представляет собой разбиение основного участка эвакуации людей на относительно небольшие интервалы, с целью дальнейшего их расчета по временным интервалам. Временные интервалы, относительно которых впоследствии производится расчет, представляют время, за которое человек сможет преодолеть каждый эвакуационный участок. Время эвакуации людей из здания выбирается одним из двух представленных способов. Либо расчет производится точный. И тогда время находится по формулам упрощенной аналитической модели. Либо предлагается второй вариант для расчета эвакуации людей из здания, уже менее точный. Тогда расчет производится по формуле

интенсивности людского потока на выходе с эвакуационного участка.

Один из двух предложенных способов расчета использует формулы упрощенной аналитической модели движения людских потоков. По значениям плотности однородного людского потока (1) и интенсивности в дверном проеме (выходе с участка) (2) из таблицы находится значение скорости для текущего эвакуационного участка.

$$D_{s^{(k)}} = \frac{N_{s^{(k)}} \cdot f}{a_s \cdot b_s},$$

где $D_{s^{(k)}}$ – число людей на s -ом эвакуационном участке, чел.;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м²;

a_s – длина s -го эвакуационного участка, м;

b_s – ширина s -го эвакуационного участка, м.

$$q_{c_s}^{(k)} = \frac{q_s^{(k)} \cdot b_s}{c_s}$$

где $q_{c_s}^{(k)}$ – интенсивность на s -ом эвакуационном участке, соответствующая найденной плотности потока $D_{s^{(k)}}$, м/мин.

Отрезок времени по второму способу рассчитывается по формуле (3).

$$t_{0_s}^{(k)} = \frac{a_s \cdot 60}{V^{(k)}}.$$

Так как расчет времени происходит на каждой итерации для всех участков, необходимо определить отрезок времени $t_0^{(k)}$, относительно которого будем считать количество людей, переходящих на следующий участок. Для выбора расчетного времени так же предлагается два варианта. Первый вариант заключается в использовании формулы математического ожидания, для того чтобы получить расчетное время $t_0^{(k)}$, которое используется для расчета количества переходящих людей на следующий участок относительного одного общего расчетного времени (4), то есть используется одно расчетное время для всех эвакуационных участков.

$$t_0^{(k)} = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n t_{0_s}^{(k)}$$

где s – эвакуационный участок; n – количество эвакуационных участков.

Второй вариант заключается в использовании расчетного времени $t_0^{(k)}$ для эвакуационного участка s , то есть расчетное время будет не общее для всего здания, а индивидуальное для каждого участка и оно будет равно времени, полученному на этом участке в начале расчета каждой итерации. Для того чтобы синхронизировать расчет эвакуации по участкам, так как время на каждом участке будет разное, предлагается учитывать общее время процесса T . Выбор шага времени T выбирать в зависимости от требуемой точности расчета. В таком случае участки будут

обрабатываться в логической последовательности и перерасчет количества людей на каждом участке происходит тогда, когда

$$\left(T - \sum_{k=1}^i t_0^{(k)} \right) \leq 0,$$

где i – количество итераций на данном участке.

То есть после очередного перерасчета количества людей на участке s на итерации $(k-1)$, следующий перерасчет будет через время $t_0^{(k)}$. Данный вариант выбора расчетного времени следует использовать для улучшенного моделирования эвакуации людей из здания при пожаре. Первый вариант является упрощенным, но его так же допускается использовать.

Расчеты, приведенные в формулах (6, 7), следует повторить на каждой итерации для всех эвакуационных участков. Для упрощения описания, в формулах перерасчета людей, расчетное время указывается как $t_0^{(k)}$, но следует учитывать, что если для выбора расчетного времени использовался второй вариант, то предполагается, что в формулах (7, 8) $t_0^{(k)} \equiv t_{0_s}^{(k)}$.

Плотность людского потока и количество людей, переходящих с одного эвакуационного участка на другой в единицу времени, будут рассчитываться по формулам математической модели индивидуально-поточного движения людей. Для расчета плотности людского потока $Dv_{s(k)}(t_0^{(k)})$ на эвакуационном участке s , используем рассчитанный отрезок времени $t_0^{(k)}$ (6, 7).

$$Dv_{s(k)}(t_0^{(k)}) = \frac{N_{s(k)} \cdot f \cdot t_0^{(k)}}{a_s \cdot b_s}.$$

Затем по таблице интенсивности и скорости движения людского потока на разных участках путей эвакуации в зависимости от плотности находится соответствующая плотности $Dv_{s(k)}(t_0^{(k)})$ интенсивность движения на выходе с участка $q_{s(k)}(t_0^{(k)})$, м/мин; затем вычисляется количество людей, переходящих с одного эвакуационного участка на другой за $t_0^{(k)}$, $Q_{s(k)}(t_0^{(k)})$, чел.

$$Q_{s(k)}(t_0^{(k)}) = \frac{q_{s(k)}(t_0^{(k)}) \cdot c_s \cdot t_0^{(k)}}{f \cdot 60}.$$

Количество человек, которые полностью перешли на следующий эвакуационный участок за $t_0^{(k)}$, вычтись из количества человек на текущем эвакуационном участке. Если участок s является участком первого уровня, по терминам графового представления плана эвакуации, значение $Q_{s-1(k)}(t_0^{(k)}) = 0$.

В случае если последующий участок не один, люди будут распределяться либо в равных долях на каждый участок, либо распределение людских потоков между возможными эвакуационными выходами, когда они не заблокированы, происходит согласно закономерностям, приведенным в

методике. Расчет провести для всех s эвакуационных участков, до тех пор, пока количество человек в здании не станет равным 0. Время эвакуации равно сумме $t_0^{(1)}, \dots, t_0^{(i)}$ каждой итерации.

Итерационная модель расчета индивидуального пожарного риска

М. С. Кадурина и А. А. Даничев предложили итерационную модель расчета индивидуального пожарного риска [7, 8].

Итерационная модель, представляющая расчет фактического времени эвакуации людей из здания при возникновении ЧС, в данном случае – при пожаре, основана на двух моделях. Первая модель представляется упрощенной аналитической. А вторая модель представляется индивидуально-поточной. В основу итерационно-поточной модели легло моделирование поэтапного выведения людей из здания при возникновении нештатной ситуации одновременно со всех участков эвакуации. В этом отличие итерационно-поточной модели от упрощенной, которая не предусматривает вычисления расчета времени эвакуации из каждого помещения, а также расчета плотности людей при эвакуации, интенсивности их движения при передвижении из одного помещения в другое помещение, количества переходящих людей.

Точность результата временного интервала эвакуации людей из здания зависит от способа задания параметров эвакуации. Если начальные условия устанавливаются достаточно протяженным участком эвакуации людей из здания, то время, рассчитываемое при данном запросе, стремится к увеличению, так как расчет начального времени зависит от длины участка. Расчетные параметры зависят также от начального числа людей в здании. В результате было предложено ввести корректирующий коэффициент z чтобы можно было корректировать описываемую зависимость. Таким образом, получим новую формулу расчета количества переходящих на следующий участок людей $Q_{s(k)}(t_0^{(k)})'$.

$$Q_{s(k)}(t_0^{(k)})' = Q_{s(k)}(t_0^{(k)}) \cdot z,$$

где $Q_{s(k)}(t_0^{(k)})$ – расчетное количество переходящих на следующий участок людей.

Точный расчет времени эвакуации людей из разных по сложности объектов основан на итерационной модели. Итерационная модель не требует ввода новых параметров, которые оказывали бы влияние на расчет времени эвакуации людей из здания или развитие ЧС, в данном случае – пожара. Итерационная модель не требует больших вычислительных ресурсов в отличие от индивидуально-поточной модели. Следовательно, расчет времени эвакуации людей при итерационной модели может быть распараллелен. И, таким образом, вычислительный процесс может быть распределен на несколько вычислительных устройств.

Реализация модели, учитывающей факторы и параметры влияния человека на процесс эвакуации

Согласно методике [9] расчётное время эвакуации людей определяется, как промежуток времени с момента обнаружения пожара до полной эвакуации, и может быть рассчитано одним из следующих способов по:

- упрощённой аналитической модели движения людей;
- математической модели индивидуально-поточного движения людей;

- имитационно-стохастической модели движения.

Упрощённая аналитическая модель впервые появилась в ГОСТ 12.1.004-91. Данная модель, единственная, позволяет производить расчёты вручную. Основная мысль, заложенная в эту модель, состоит в том, что величина времени эвакуации рассчитывается, как время движения одного или нескольких людских потоков от наиболее удалённых от выхода в безопасную зону мест размещения людей [10, 11].

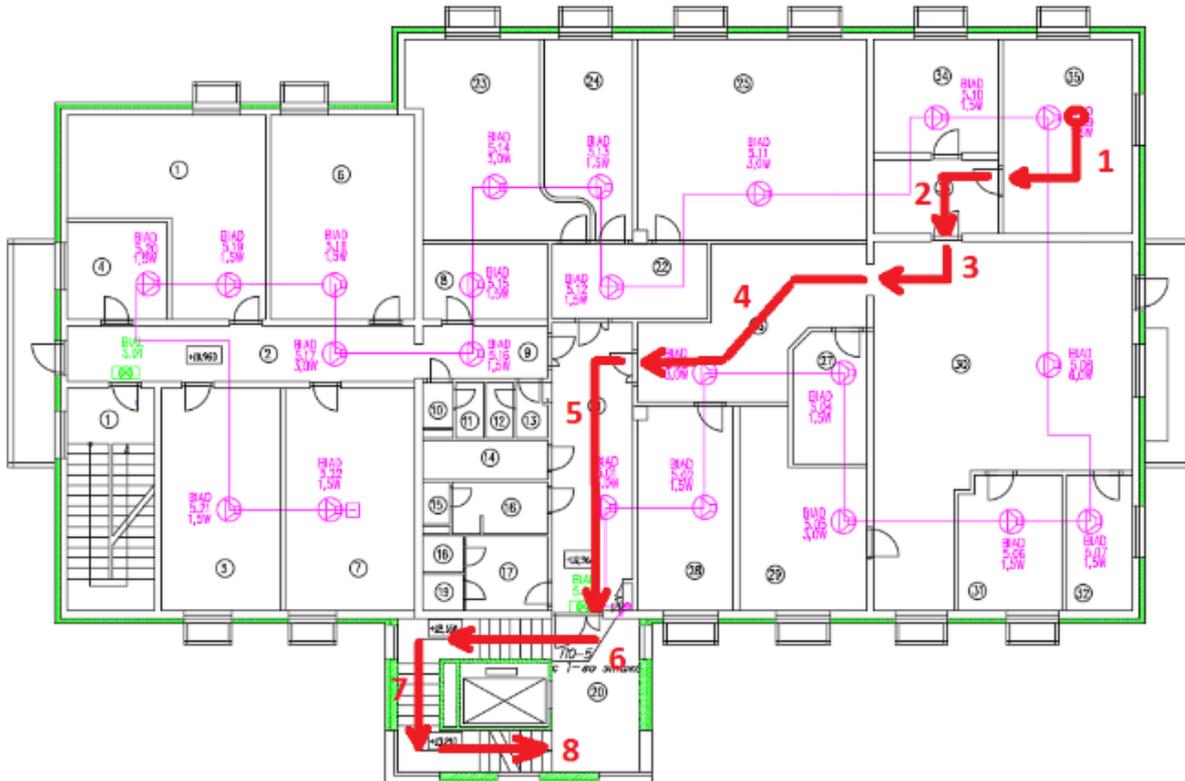


Рис. 1. Разбиение пути эвакуации на логические отрезки

При расчёте весь путь движения разбивается на участки (дверные проёмы, коридоры, лестницы и т. д.), как показано на рисунке 1, а итоговое время рассчитывается, как сумма времени движения по отдельным участкам.

Основной смысл модели состоит в делении здания на участки шириной примерно 1 м и выполнении нескольких расчётных итераций в секунду для каждого участка. Так, например, для расчёта времени эвакуации двухэтажного здания площадью 1000 м² потребуется около 40 тыс. операций машинного счёта. Отсюда следует, что данная модель не может быть рассчитана вручную. Более того, на российском рынке существует лишь одно программное обеспечение, реализующее данную модель.

В математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания объектом моделирования является не поток, как в двух предыдущих моделях, а отдельно взятый

индивид, что позволяет учитывать особенности людей. Поэтому, такие модели получили широкое распространение в мире.

При определении расчётного времени эвакуации по индивидуально-поточной модели используются принципы составления расчётной схемы эвакуации людей, параметры движения различных групп мобильности, значения площадей горизонтальных проекций различных индивидов. К минусам такой модели можно отнести тот факт, что в Методике [9] отсутствуют значения параметров движения людей разных возрастных групп (дети, подростки, пожилые).

Имитационно-расчётная модель расчётного времени эвакуации людей из здания

Для решения большинства инженерных задач имитационно-стохастическая модель является наиболее эффективным инструментом. Однако в случае, если необходимо учесть сложные сценарии организации эвакуации людей, а

также движения людских потоков, состоящих из людей с различной мобильности, и, более того, немобильных людей, например, при эвакуации больничных комплексов, то более точно отражающими реальность являются модели индивидуально-поточного движения.

Программа Pathfinder работает по индивидуально-поточной модели, утверждённой приказом МЧС №382.

Выбор модели для расчета времени эвакуации осуществляется с учетом особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей контингента (его однородности) людей, находящихся в нем.

Индивидуально-поточная модель, принятая в данной работе, относится к классу моделей, которые предполагают моделирование передвижения отдельного человека и используется для обсчета помещений со сложной внутренней планировкой, где затруднено формирование потоков, и важен учет индивидуального движения человека.

Такая модель может быть использована для расчета различных сценариев эвакуации с учетом задания индивидуальных ролей, эвакуирующихся и выбора наиболее оптимального сценария с точки зрения критериев безопасности.

Моделирование процессов эвакуации людей осуществлялось в рамках типового пятиэтажного

здания, построенного в программе на основе проекта объекта. Количество сотрудников, постоянно работающих в здании 250 человек, ожидаемое число ежедневных посетителей 50 человек.

Был проведен эксперимент, в ходе которого были рассмотрены различные сценарии нахождения людей в здании. Изменяя параметры нахождения в здании людей, количество людей, а также конструкцию здания, были проведены наблюдения времени эвакуации людей при различных параметрах системы, а также построены графики эвакуации людей и загруженности выходов, ведущих в зону безопасности. Согласно экспертной оценке для рассмотренного объекта, номинальная величина времени эвакуации для рассмотренного здания $T_э$ не должна превышать 360 сек. (6 мин).

В результате моделирования в программной среде Pathfinder были рассмотрены следующие сценарии и получены следующие значения:

Первый рассмотренный сценарий – в здании находится 300 человек (среднее количество), конструкция здания не изменена, все люди мобильны, то есть подвижны.

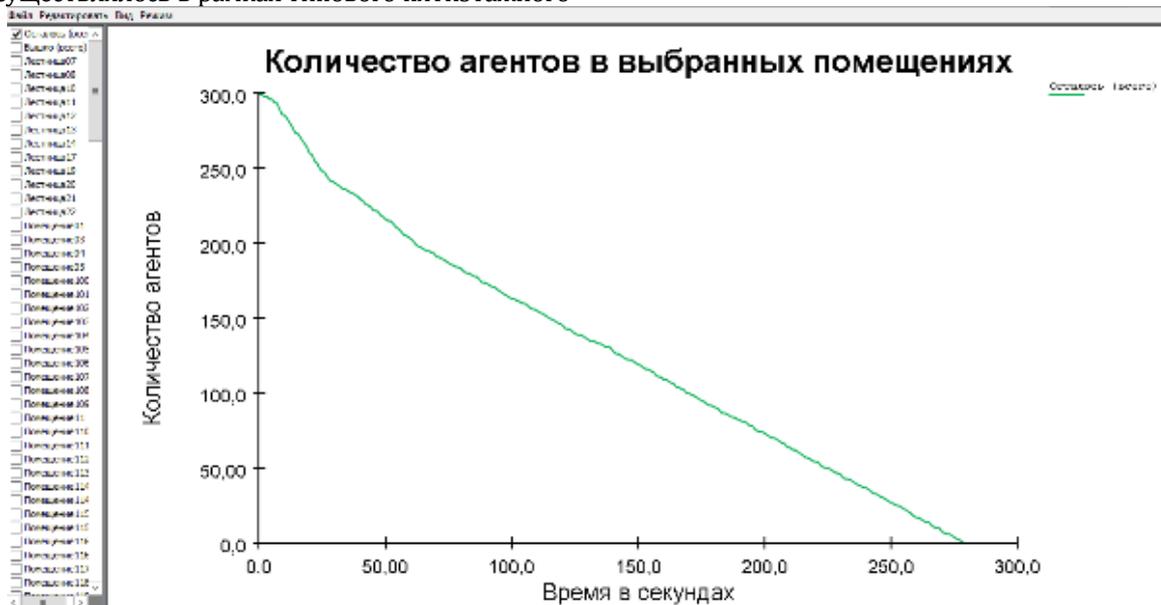


Рис. 2. Количество агентов в выбранных помещениях

Второй сценарий – в здании находится 300 человек (среднее количество), конструкция здания не изменена, 30% находящихся в здании людей – маломобильны (что в рамках доклада означает сравнительно большую площадь горизонтальной поверхности и меньшую скорость движения, чем у обычных людей).

Третий – в здании находится 300 человек (среднее количество), конструкция здания не изменена, 50% находящихся в здании людей – маломобильны (что в рамках доклада означает

сравнительно большую площадь горизонтальной поверхности и меньшую скорость движения, чем у обычных людей).

Четвёртый рассмотренный сценарий – в здании находится 360 человек (превышение среднего значения примерно на 60 человек), конструкция здания не изменена, 30% находящихся в здании людей – маломобильны (что в рамках доклада означает сравнительно большую площадь горизонтальной поверхности и меньшую скорость движения, чем у обычных людей).

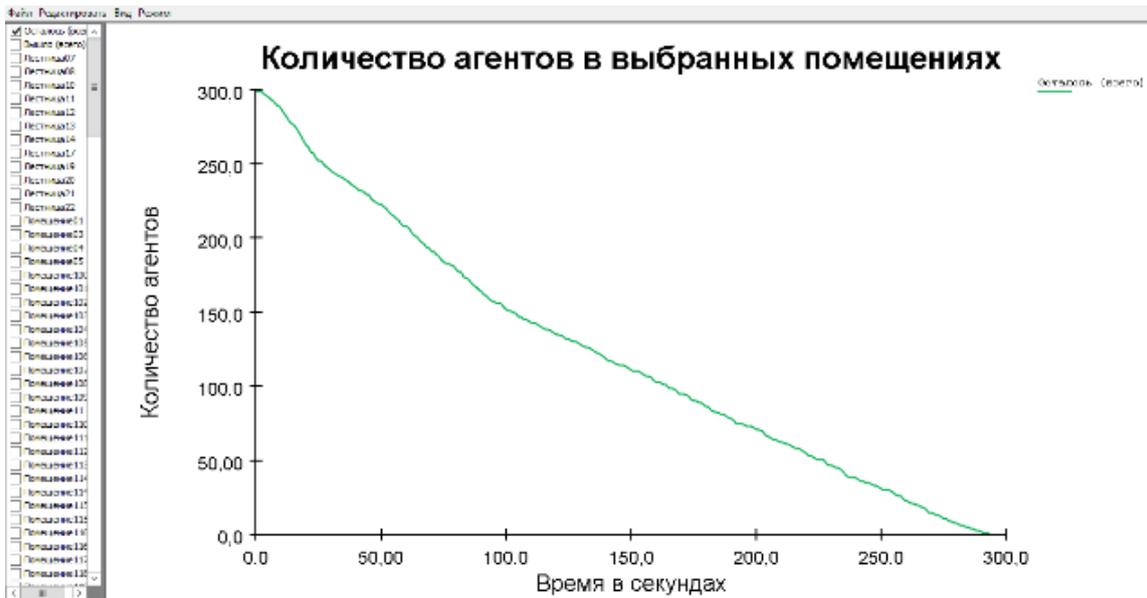


Рис. 3. Количество агентов в выбранных помещениях

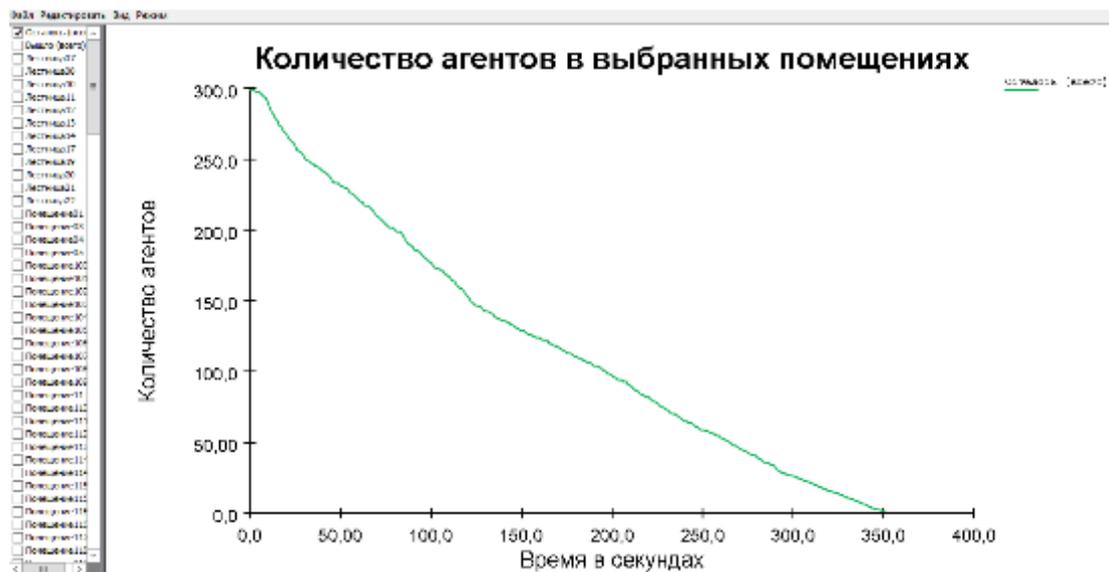


Рис. 4. Количество агентов в выбранных помещениях

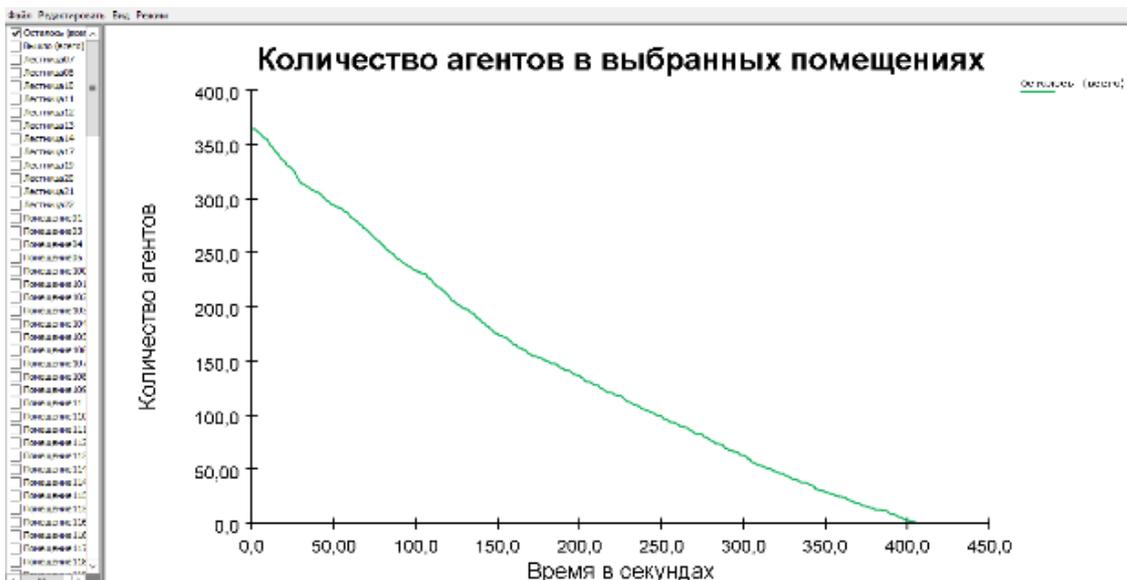


Рис. 5. Количество агентов в выбранных помещениях

Пятый сценарий – в здании находится 360 человек (превышение среднего значения примерно на 60 человек), конструкция здания изменена посредством расширений дверных проемов (с 80 см до 110, а, где возможно, построены

арки вместо дверей), 30 % находящихся в здании людей – маломобильны (что в рамках доклада означает сравнительно большую площадь горизонтальной поверхности и меньшую скорость движения, чем у обычных людей).

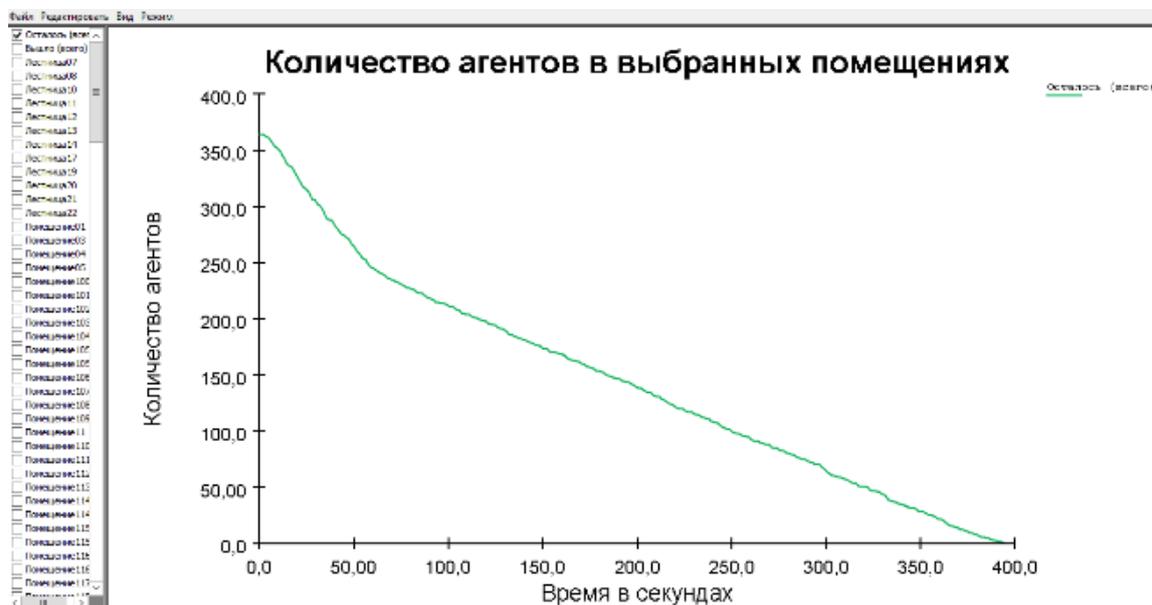


Рис. 6. Количество агентов в выбранных помещениях

По результатам моделирования каждого из сценариев эвакуации людей были построены графики, иллюстрирующие зависимость количества людей в здании от времени.

По полученным данным можно сделать вывод, что при небольшом отклонении количества людей в здании от среднего значения, в случае наступления ЧС, здание не обеспечит пожарной безопасности, что означает увеличение ущерба здоровью и имуществу людей, поскольку полученные значения времени эвакуации превышают максимальное значение $t_э = 6.0$ мин.

Выводы

В статье проведен анализ системы управления пожарной сигнализацией, как сегмента «умного дома» [12–15]. Целью работы являлось обеспечение безопасности нахождения людей в «умном доме». В ходе написания статьи был реализован целый комплекс работ, актуальных для достижения поставленной цели:

- проведен комплекс пуско-наладочных работ и введение в опытную эксплуатацию систем пожарной сигнализации и системы оповещения;

- построены алгоритмы работы инженерных систем и процессы реагирования людей на критические отклонения параметров инженерных систем;

- проведен анализ возможных ситуаций и расчет времени эвакуации t_p , а также величины индивидуального пожарного риска Q_a .

Полученные результаты соответствуют установленным требованиям норм пожарной безопасности, введены в опытную эксплуатацию.

Разработка решения задачи по обеспечению безопасности в здании потребовала понимание устройства и организации рассмотренных инженерных систем, имитационного моделирования эвакуации людей с использованием программы для расчёта времени эвакуации при ЧС – Pathfinder.

Для разработки процессов реагирования на чрезвычайные ситуации применен процессный подход. Реализация процессов навыков работы в среде моделирования бизнес-процессов Aris Express и инструменте для построения UML диаграмм – UMLet.

Список литературы

1. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
2. Булатова В.А. Интеллектуальная автоматизированная система энергосбережения «умный дом» // Красноярский государственный аграрный университет (Красноярск). Эпоха науки. 2015. С. 111.
3. Кадурина, М.С. Итерационная модель расчета фактического времени эвакуации людей при пожаре // Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения Циолковского К.Э. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012.
4. Шихалев Д.В., Хабибулин Р.Ш. Математическая модель определения направлений безопасной эвакуации людей при пожаре // Академия государственной противопожарной службы. Безопасность. 2014. С. 51-60.
5. Бабуров В.П., Бабурин В.В., Фомин В.И., Смирнов В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч.2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 298 с.

6. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. N 304 г. Москва «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
7. Предупреждение и ликвидация ЧС. Методическое пособие второе издание. Москва 2003. Институт риска и безопасности.
8. Кадурина М.С. Итерационная модель расчета индивидуального пожарного риска // Сибирский федеральный университет.
9. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
10. Самошин Д.А. Расчет времени эвакуации людей. Проблемы и перспективы // Безопасность людей при пожарах. №1. 2004. С. 33-43.
11. Таранцев А.А. Моделирование параметров людских потоков при эвакуации с использованием теории массового обслуживания // Пожаровзрывобезопасность. 2002. Т. 11. №6. С. 54-56.
12. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации. Основные теории и принципы построения. - М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 508 с.
13. Кирик Е.С., Юргельян Т.Б., Круглов Д.В., Малышев А.В. О непрерывно-дискретной стохастической модели движения людей // Материалы XIII Всероссийского семинара Моделирование неравновесных систем, Красноярск: ИВМ СО РАН, 2010. С. 81–85.
14. Основы информационной безопасности: Учеб. для вузов МВД России / под ред. Минаева В.А. и Скрыля С.В. - Воронеж: ВИ МВД России, 2001. – 464 с.
15. Сопер М.Э. Практические советы и решения по созданию «умного дома» / Сопер М.Э. - М.: НТ Пресс, 2007. - 432 с.

© С. С. Гусев, В. В. Макаров

Ссылка для цитирования

Гусев С. С., Макаров В. В. Итерационные модели эвакуации людей из здания как компоненты «умного дома» // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 114–122.

УДК 628.74.05:006.354

DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-122-128

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ф. А. Дали

Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Санкт-Петербург, Россия

В статье рассматриваются вопросы систематизации проведения экспертиз объектов защиты на соответствие требованиям пожарной безопасности в проблемно-ориентированных системах управления. Статистический анализ показал, что при общем снижении в последние годы числа пожаров, произошедших в России, и числа погибших на них людей показатели остаются на достаточно высоком уровне. Подавляющее количество пожаров в нашей стране происходит на открытых территориях, в зданиях жилого назначения и надворных постройках. Большинство таких объектов пожара сосредоточено в загородной или сельской местности. С помощью представленного подхода можно решать задачи различного практико-ориентированного характера: от действий независимого эксперта при проведении пожарного аудита до поддержки принятия решений при дифференциации объектов защиты по категориям риска в период проведения контрольно-надзорных мероприятий сотрудниками государственной противопожарной службы (ГПС).

Ключевые слова: *пожарная безопасность, объект защиты, проверка соответствия, система управления, обследование, экспертиза.*

ANALYTICAL MODEL OF INSPECTION OF PROTECTED OBJECTS FOR COMPLIANCE WITH FIRE SAFETY REQUIREMENTS

F. A. Dali

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

The article discusses the issues of systematizing the examination of protected objects for compliance with fire safety requirements in problem-oriented control systems. Statistical analysis showed that with a general decrease in recent years in the number of fires that occurred in Russia, and the number of people killed in them, the indicators remain at a fairly high level. The overwhelming number of fires in our country occurs in open areas, in residential buildings and outbuildings. Most of these fire sites are concentrated in the countryside or countryside. Using the presented approach, it is possible to solve problems of a different practice-oriented nature: from the actions of an independent expert during a fire audit to decision support when differentiating objects of protection by risk categories during the period of control and supervision activities by employees of the state fire service (FFS).

Keywords: *fire safety, object of protection, conformity check, control system, inspection, expertise.*

Введение

Всем известно, что пожары наносят государству ощутимый материальный и социальный ущерб [1]. Зачастую, причина обстоятельств заключается в отсутствии исследования системных связей противопожарного состояния объектов защиты. Отсутствие системности проявляются в различных проблемных аспектах, связанных с реагированием на складывающуюся обстановку с пожарами, низким уровнем культуры

безопасности людей или, возможно, несовершенным подходом государственного регулирования в контексте обследования объектов защиты на соответствие требованиям пожарной безопасности (далее – ПБ). Совершенно очевидным фактом является то, что нарушение, несоблюдение или отступление от нормативных требований приводит к человеческим жертвам, негативным социально-психологическим и экологическим последствиям (рис. 1).