

В. В. ХОЛЩЕВНИКОВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: reglament2004@mail.ru)

Д. А. САМОШИН, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: inbox-d@mail.ru)

Т. Ж. ШАХУОВ, адъюнкт кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: Agps_talga@mail.ru)

УДК 614.8

ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ ПРИ ЭВАКУАЦИИ ИЗ МЕЧЕТЕЙ

Представлены результаты исследований параметров движения людских потоков при эвакуации из мечетей. Проанализирован демографический состав функционального контингента и поведение людей в мечетях в дни коллективных молитв. Выявлены характерные особенности размещения людей в молельных залах мечети, отличающие его от размещения людей во время молитв в залах иных вероисповеданий, что определяет специфику их объемно-планировочных решений и формирования людских потоков при эвакуации после богослужения. Описана методика проведенных натурных наблюдений. Впервые установлен вид зависимостей между основными параметрами людского потока $V_D = \varphi(D)$ при его движении по наблюдаемым видам пути при эвакуации из мечетей.

Ключевые слова: эвакуация; людской поток; мечети; натурные наблюдения; параметры движения.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.05.54-65

Введение

Независимо от того, верующий вы или атеист, вас не может миновать то сакральное ощущение, которое охватывает людей на протяжении веков при виде храмовых сооружений различных конфессий (рис. 1 и 2). Сакральное — необязательно религиозное. Это может быть и то возвышенное, что поднимает вашу душу над обыденностью повседневного и что очень тонко описал знаменитый французский композитор Гектор Берлиоз: «Ничто меня так не поразило, как памятник древнерусского зодчества в селе Коломенском. Многое я видел, многим я любовался, многое поражало меня, но время, древнее время в России, которое оставило свой памятник в этом селе, *было для меня чудом из чудес*. Я видел Страсбургский собор, который строился веками, я стоял вблизи Миланского собора, но, кроме наклепанных украшений, я ничего не нашел. *А тут передо мной предстала красота целого. Во мне все дрогнуло*. Это была таинственная тишина. Гармония красоты законченных форм. Я видел какой-то новый вид архитектуры. Я видел стремление ввысь, и долго я стоял, ошеломленный».

Этим общечеловеческим духовным «стремлением ввысь», понимаемым каждым в зависимости

от полученного воспитания, объясняется не прекращающееся и сегодня стремление людей к религии и большое число прихожан в молельных домах (собо-ры, церкви, мечети, синагоги и т. п.). Их использование как зданий массовых собраний [1] определяет необходимость обеспечения безопасности людей при любых условиях эксплуатации [2], в первую очередь при пожаре [3, 4]. Имеется несколько зарубежных [5–7] и отечественных [8–10] источников, в которых рассматриваются вопросы пожарной безопасности культовых зданий и сооружений. Однако в этих работах отсутствуют данные о составе основного функционального контингента в рассматриваемых зданиях, специфике организации функционального процесса (моления) в зданиях различных конфессий, расчетные величины параметров людских потоков.

Цели и задачи

В настоящее время главным направлением в подходах к обеспечению пожарной безопасности, основанных на концепции «приемлемого риска», является снижение вероятности гибели людей [3, 4]. Основным критерием оценки соответствия величины пожарного риска нормативному значению



Рис. 1. Собор Парижской Богоматери в Нотр-Дам-де-Пари (время строительства — 1163–1345 гг.) (а) и Страсбургский собор (начало строительства — 1015 г.) (б)

$Q_{\text{в}}^{\text{н}} = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ является проведение успешной эвакуации людей из здания. Вероятность эвакуации людей $P_{\text{эв}}$ — один из составных компонентов, используемых в расчете индивидуального пожарного риска при возникновении пожара и в зданиях мечетей.



Рис. 2. Церковь Вознесения в Коломенском (а) и Голубая мечеть или Мечеть Султанахмет (*Sultanahmet Camii*) в Стамбуле — выдающийся образец исламской и мировой архитектуры (строительство 1609–1616 гг., вместимость около 10 тыс. чел.) (б)

Однако вид зависимости между параметрами движения людей, необходимый для определения величины $P_{\text{эв}}$, неизвестен, поскольку исследования в этом направлении применительно к движению в мечетях ранее никогда не проводились. Начало таким исследованиям было положено натурными наблюдениями за временем начала эвакуации после окончания службы в дни коллективных молитв [11].

Для установления вида зависимости между скоростью людских потоков в мечети и их плотностью необходимо провести серии натурных наблюдений в дни ее максимального наполнения прихожанами. Анализ данных, полученных при обработке наблюдений, позволит сформировать рекомендации по нормированию ширины эвакуационных выходов в зданиях мечетей.

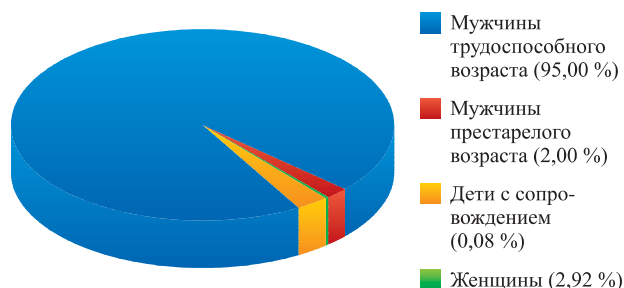


Рис. 3. Данные по посещаемости мечети различными группами прихожан в пятничные дни

Состав людского потока в мечети

Для установления демографического состава функционального контингента мечетей были проведены натурные наблюдения в дни совершения пятничных молитв в Московской центральной мечети с декабря 2015 г. по апрель 2016 г. В результате установлено, что в каждый из дней наблюдений мечеть посещало около 10 тыс. чел. Полученные результаты представлены на рис. 3.

Небольшое количество женщин и детей несовершеннолетнего возраста, посещающих мечеть, объясняется тем, что религия разрешает им совершать молитву дома, не приходя в дома Аллаха. Поэтому свыше 95 % людей, посещающих мечеть, — это мужчины трудоспособного возраста (молодежь и люди, которые по своим физиологическим возможностям могут передвигаться с высокой скоростью). Остальные 5 % приходятся на женщин, людей пожилого возраста, детей, а также маломобильные группы населения. Поскольку для женщин в мечети предусмотрен обособленный выход, исследование параметров их движения не проводилось. Граждане престарелого возраста и маломобильные группы населения хоть и составляют небольшой процент в потоке, тем не менее делают его неоднородным, с преобладающим числом людей трудоспособного возраста.

Особенности движения людей в мечетях

Движение людей в мусульманских культовых сооружениях имеет специфический характер, который ранее в исследованиях не рассматривался и который обусловлен определенной плотностью скопления людей, рассредоточенных по всей площади мечети (рис. 4).

Исследования показывают, что на одного молящегося приходится 0,6 м² общей площади мечети, свободной от оборудования, конструкций и элементов убранства зала. Размер этой площади определяется размерами молебельного места при положении молящегося на коленях (см. рис. 4,а). После молитвы (через 4–5 с) молящиеся поднимаются с колен (см. рис. 4,б) и поворачиваются в сторону эвакуаци-



Рис. 4. Этапы подготовки людей к эвакуации (интервал съемки 1 с): а — молитва; б — окончание молитвы; в — принятие вертикального положения; г — начало поточного движения

онных выходов (см. рис. 4,г). Поэтому при начале эвакуации формирующиеся людские потоки сразу же приобретают параметры свободного поточного движения (см. рис. 4,г и таблицу).

Такое формирование людских потоков в мечети резко отличается от их формирования в культовых учреждениях других конфессий. Так, в православных церквях люди во время молитвы стоят (по данным С. В. Беляева [1, с. 23], с плотностью 0,25 м²/чел.) В католических храмах они сидят на скамьях (подобие коротких рядов в зрелищных залах) (рис. 5), что

Классификация движения людей в интервалах плотности потоков [12]

Интервалы плотности, $\text{м}^2/\text{м}^2$	0–0,05	0,05–0,15	0,15–0,4	0,4–0,7	0,7–0,9	0,9–1,0	1,0–1,15
Условия движения	Индивидуальное		Поточное				
	свободное	свободное	без контактных помех	контактные помехи	с силовыми воздействиями		
					слитное	деформация тел	сдавливание тел

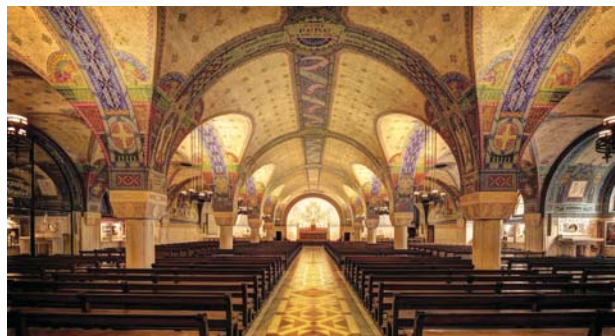


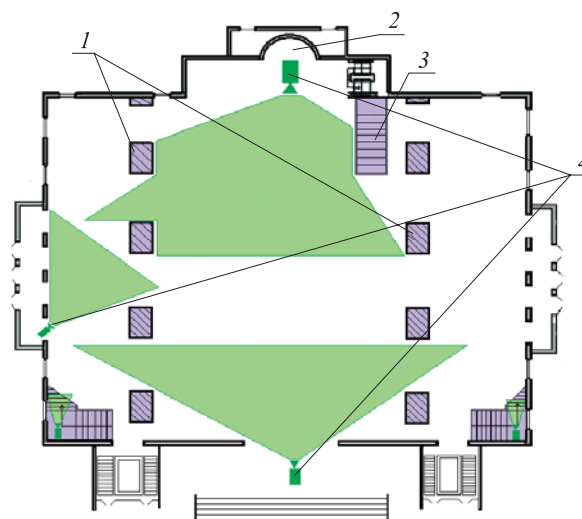
Рис. 5. Пример расположения мест для прихожан в католических храмах

определяет при их выходе в общий проход одновременное слияние и переформирование людских потоков на участках ограниченной длины [13].

Методика проведения натурных наблюдений

Как показали исследования, время начала эвакуации в мечетях в среднем составляет 4,5 с. Это говорит о том, что движение людей к выходам начинается практически одновременно, поэтому в процессе эвакуации нагрузка на эвакуационные выходы будет максимальной, а значит, именно пропускная способность проемов будет определять общее время эвакуации. В связи с этим ключом к безопасной эвакуации прихожан в мечетях является определение необходимых размеров эвакуационных путей и выходов, в особенности ширины выходов из молельных залов либо из здания. Для этого были проведены специальные натурные наблюдения за параметрами движения в мечетях. В качестве участков для наблюдения за процессом движения прихожан были приняты: молельные залы, лестничные марши, дверные проемы, участки путей перед выходом из мечети, а также прилегающая к ней территория. Для фиксации значений параметров движения людских потоков использовались камеры службы безопасности мечети и дополнительные камеры, установленные исследователями заранее (рис. 6).

В качестве видеозаписывающего оборудования, которое устанавливалось заранее, использовались видеозаписывающие регистраторы “DOD F900LS”. Их достоинством является то, что они позволяют



■ Площадь, занятая конструкциями и оборудованием
□ Полезная площадь

Рис. 6. План типовой мечети с указанием мест установки видеокамер: 1 — колонны; 2 — михраб; 3 — минбар; 4 — видеокамеры

осуществлять съемку с большим углом обзора — 120° , достаточным для получения необходимых данных на рассматриваемых участках. Высокое разрешение отснятого видео (1920×1080) и высокоскоростная съемка (30–60 кадров в секунду) также относятся к достоинствам данного оборудования.

Параметры движения людей в потоке определялись с помощью специальной масштабной сетки с размером ячеек 1×1 м, которая натягивалась над участками до натурных наблюдений, фиксировалась видеокамерами, а затем удалялась.

После того как при просмотре видео появлялись первые кадры видеозаписи, на которых запечатлена масштабная сетка, видео останавливали (пауза) и контур сетки переносили на дисплей монитора. Получив на мониторе масштабную сетку, продолжали просмотр отснятых кадров видео, на которых людские потоки двигаются по установленному участку пути, как бы проходя через ячейки сетки, нанесенные на дисплей монитора (рис. 7).

После получения видеозаписей на персональном компьютере проводилась обработка полученных

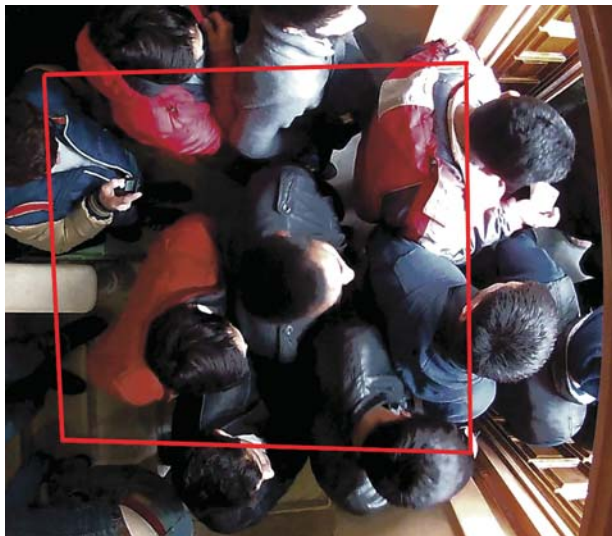


Рис. 7. Фрагмент видеозаписи процесса движения людей на выходе из мечети

данных с помощью программ *Quick Time* и *Screen Marker* для дальнейшего анализа.

После того как человек на видео переступал границу ячейки масштабной сетки, подсчитывалось количество находящихся перед ним людей в этой ячейке и тем самым определялась плотность потока D_i (чел./м²), при которой наблюдаемый (i -й) человек проходил расстояние $l = 1$ м (равное длине ячейки) за определенное количество кадров (тем самым определялся интервал времени t). Скорость перемещения человека $V_{\text{пер}}$ (м/мин) за n кадров наблюдения за ним определялась по формуле

$$V_{\text{пер}} = \frac{l}{t} 60. \quad (1)$$

Определение скорости движения через проем имеет некоторые отличительные особенности по сравнению с участками других видов пути, поскольку длина участка пути в проеме равна нулю. При движении через проем подсчитывалось количество людей N_t , проходящих через него за определенный интервал времени t . Величина t определялась продолжительностью существования перед границей проема конкретного значения плотности D_t . Затем рассчитывалась интенсивность движения q_D (чел./м·мин) через проем шириной δ (м) при наблюдаемой в течение интервала времени t (мин) плотности потока D (чел./м²) перед ним:

$$q_D = N_t / (\delta t), \quad (2)$$

а затем скорость V_D (м/мин) перехода через границу проема при плотности потока D :

$$V_D = q_D / D. \quad (3)$$

Полученные таким образом эмпирические данные указывают лишь на тенденцию проявления скры-

той зависимости между параметрами движения людских потоков и поэтому требуют установления математической зависимости, которая бы объективно отражала реальность. В данной работе для установления расчетных зависимостей между скоростью движения и плотностью людского потока [14] использовалась методология, опубликованная в работе [15] и апробированная впоследствии во многих исследованиях [16–25].

Результаты и их обсуждение

Установление вида зависимостей между плотностью и скоростью потоков людей и расчетных значений их параметров

Скорость людского потока при его плотности D_j на j -м виде пути описывается в общем виде как средняя скорость движения людей в нем V_{Dj} :

$$V_{Dj} = V_{0j} (1 - R_{Dj}), \quad (4)$$

где V_{0j} — случайная величина скорости свободного движения людского потока по j -му виду пути, когда значение плотности не оказывает на нее влияния, м/мин;

R_{Dj} — функция, отражающая степень (силу) влияния внешнего фактора на сенсорную систему человека, формирующую интенсивность реакции (в данном случае скорости движения) человека.

Эмпирические значения R_{Dj} для каждого интервала плотности во всех сериях проведенных натуральных наблюдений определяются по формуле

$$R_{Dj} = \Delta V_{Dj} / V_{0j}, \quad (5)$$

где $\Delta V_{Dj} = m(V_{0j}) - m(V_{Dj})$;

m — математическое ожидание величин V_{Dj} и V_{0j} .

В основе проявляющегося влияния плотности людского потока на его скорость лежат психофизические и психофизиологические закономерности [26–28] взаимосвязи физических характеристик различного характера стимулов, порождаемых плотностью людского потока, с интенсивностью ощущений, реакцией на которые и является изменение скорости движения людей:

$$R_{Dj} = a_j \ln (D_j / D_{0j}), \quad (6)$$

где D_j — значение плотности людского потока, при котором определяется значение R_{Dj} ;

D_{0j} — пороговое значение плотности, по достижении которого она становится фактором, оказывающим влияние на скорость движения людей в потоке;

a_j — эмпирический коэффициент, отражающий интенсивность воздействия плотности при движении по j -му виду пути.

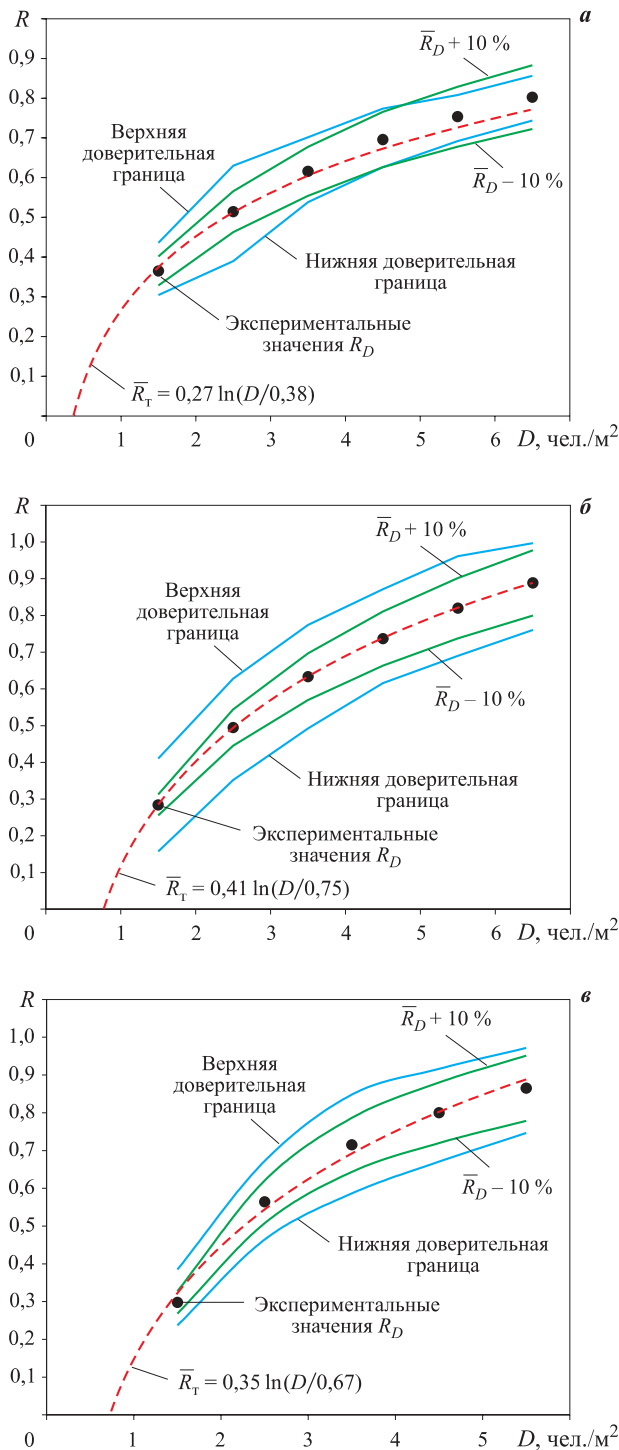


Рис. 8. Аппроксимация зависимости $R = (f)D$ при движении людского потока по горизонтальному пути (а), лестнице вниз (б) и через дверной проем (в)

Коэффициенты a_j и D_{0j} в приведенном выше выражении были определены методом средних и методом наименьших квадратов с помощью программы *Microsoft Excel*. Результаты выполненной аппроксимации $R_j = \varphi D$ проиллюстрированы на рис. 8.

Зависимости скорости движения потока от его плотности по горизонтальному пути и лестнице вниз показаны на рис. 9.

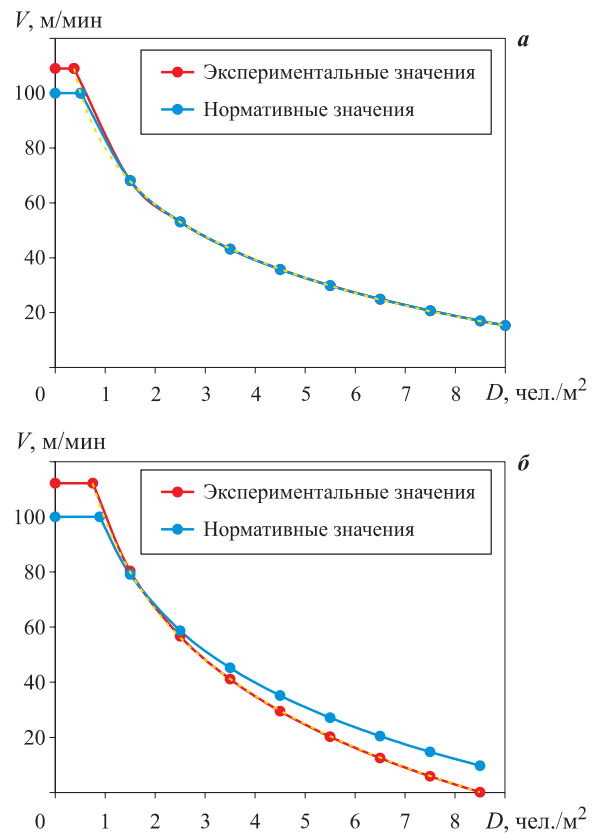


Рис. 9. Зависимость скорости движения потока по горизонтальному пути (а) и лестнице вниз (б) от плотности людского потока

Высокие теоретические корреляционные отношения, полученные во всех приведенных зависимостях ($\eta_T = 0,999$), определяют установленные связи практически как функциональные ($\eta_T = 1$), что указывает на наличие сильной корреляционной связи между скоростью движения людей в потоке и его плотностью. Это в очередной раз подтверждает вид регрессионной зависимости, связывающей скорость движения людского потока и плотность на основе законов психофизики, выведенных в работе [15].

Рекомендации по нормированию размеров эвакуационных путей и выходов в зданиях мечетей

Известно, что демографический состав прихожан в мечети разнородный, в том числе пожилые люди, не все из которых способны самостоятельно передвигаться: часть из них приводят на службы или привозят на креслах-колясках их ближайшие родственники. Исходя из этого, при проектировании зданий мечетей должны выполняться эргономические условия для комфортного нахождения в них маломобильных групп населения. При организации эвакуации наличие таких групп в составе потока диктует необходимость обеспечить для более физически сильных людей возможность обгона маломобильных групп людей.

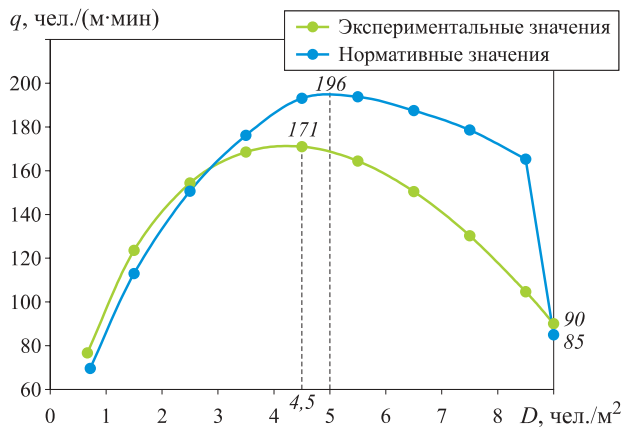


Рис. 10. Зависимость интенсивности движения людского потока через проем от его плотности

Ширину выходов следует назначать пропорционально ширине потока, кратно ширине человека в плечах ($b = 0,6$), но не менее ширины кресла-коляски ($b = 0,9$ м).

Ширина двери δ должна рассчитываться по формуле

$$\delta = 0,6n \geq 0,9, \quad (7)$$

где n — количество человек, одновременно проходящих через проем.

На этом основании можно сделать вывод, что ширина дверного проема может быть равна: 0,9; 1,2; 1,8; 2,4 и т. д.

Сравнение значений интенсивности движения в дверном проеме q , полученных в данном исследовании экспериментальным путем, с нормативными показывает их различие (рис. 10): значение $q_{\max} = 196$ чел./м·мин, являющееся нормированным для дверных проемов, отличается на 14,5 % от экспериментального значения $q_{\max} = 171$ чел./м·мин.

Для объяснения этого расхождения может быть использовано несколько аспектов, в том числе наблюдающиеся в последние десятилетия физиологические и демографические изменения в структуре народонаселения.

На установление нормативных значений скорости и интенсивности движения людского потока в зависимости от его плотности большое влияние оказали данные, полученные в результате эксперимента, проведенного более 40 лет назад с молодыми людьми на специально оборудованном манеже [29]. А как известно, в целом происходит постоянная акселерация общества, т. е. человечество постепенно «растет». Если 50 лет назад средний рост человека был 160 см, то сейчас на 5 см больше. Увеличилась и его масса в среднем на 1 кг [30]. В связи с этим ко-

личество людей, приходящееся на 1 м², стало меньше, следовательно, максимальная интенсивность движения, соответственно, снизилась. В то же время зарубежные [31] и отечественные [32] исследования говорят о том, что основные массивы данных, используемые для существующих руководящих документов, базируются на эмпирических данных полувекковой давности [33, 34], которые не учитывают происшедших за это время изменений в демографической структуре населения, связанных с его старением и снижением подвижности в результате ожирения людей всех возрастов [35].

Выводы

Присутствие большого количества прихожан в мечети определяет необходимость обеспечения их безопасности при пожаре. Особенностью процесса эвакуации из мечетей является высокая численность людей, малое время начала эвакуации и, как следствие, почти мгновенное образование потоков высокой плотности.

На основе устоявшейся в теории движения людских потоков методики в мечетях г. Москвы проведены серии натурных наблюдений в дни их максимального заполнения прихожанами.

В результате исследования впервые установлены зависимости между параметрами людского потока $V_D = \varphi(D)$ при его движении по наблюдаемым видам пути при эвакуации из мечетей. Высокие теоретические корреляционные отношения, полученные во всех приведенных зависимостях ($\eta_t = 0,999$), определяют установленные связи практически как функциональные ($\eta_t = 1$), что указывает на наличие сильной корреляционной связи между скоростью движения потока и его плотностью.

Установлено, что для обеспечения беспрепятственной эвакуации ширину выходов следует назначать пропорционально ширине в плечах людей в потоке ($b = 0,6$), но не менее ширины кресла-коляски ($b = 0,9$ м). Таким образом, ширина дверного проема должна быть не менее: 0,9; 1,2; 1,8; 2,4 м и т. д.

Определено, что в мечетях, как правило, продолжительность эвакуации определяется временем движения через дверные проемы. Максимальная интенсивность движения через дверной проем, определенная в результате экспериментов, ниже на 14,5 %, чем существующие сегодня в нормах данные. Это обусловлено наблюдающимися в последние десятилетия физиологическими и демографическими изменениями в структуре народонаселения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев С. В. Эвакуация зданий массового назначения. — М.: Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1938. — 72 с.

2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федер. закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (с изм. на 02.07.2013). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902192610> (дата обращения: 10.03.2017).
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изм. на 03.07.2016). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 10.03.2017).
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 (в ред. от 12.12.2011) // Российская газета. — 28.08.2009. — № 161.
5. *Arvidson M.* Experience with fire suppression installations for wood churches in Sweden // *Journal of Fire Protection Engineering*. — 2008. — Vol. 18, issue 2. — P. 141–159. DOI: 10.1177/1042391507086431.
6. *Copping A. G.* The development of a fire safety evaluation procedure for the property protection of parish churches // *Fire Technology*. — 2002. — Vol. 38, No. 4. — P. 319–334. DOI: 10.1023/A:1020114314974.
7. *Akel Kahera, Latif Abdumalik, Craig Anz.* Design criteria for mosques and islamic centers. Art, architecture, and worship. — Oxford, UK : Elsevier Ltd., 2009. — 94 p.
8. *Шидловский Г. Л., Таранцев А. А.* Основные проблемы обеспечения безопасности людей при эвакуации людей из культовых зданий // VI междунар. науч.-практ. конф. “Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий ЧС”. — СПб. : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2007.
9. *Самошин Д. А., Матвеева Н. П.* Проблемы безопасной эвакуации людей из культовых зданий православной церкви // *Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал*. — 2013. — Вып. 6(52). — 7 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-6/03-06-13.ttb.pdf> (дата обращения: 25.03.2017).
10. *Лицкевич В. В., Присадков В. И., Муслакова С. В., Костерин И. В., Соболев А. Н., Гилетич А. Н.* Противодымная вентиляция с естественным побуждением для молельных залов храмов // *Пожарная безопасность*. — 2016. — № 1. — С. 65–68.
11. *Шахуов Т. Ж., Самошин Д. А.* Исследование времени начала эвакуации людей в мечетях // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. — 2017. — № 1. — С. 20–24.
12. *Предтеченский В. М., Милинский А. И.* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков : учебное пособие для вузов. — 2-е изд., доп. и перераб. — М. : Стройиздат, 1979. — 375 с.
13. *Предтеченский В. М., Холицевников В. В.* Расчет переформирования людских потоков на участках ограниченной длины // *Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура*. — 1971. — № 4. — С. 67–76.
14. *Холицевников В. В.* Закономерности связи между параметрами людских потоков : диплом № 24-S на открытие в области социальной психологии. — М. : Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений, Международная ассоциация авторов научных открытий, 2005.
15. *Холицевников В. В.* Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. ... д-ра техн. наук. — М. : МИСИ, 1983. — 442 с.
16. *Исаевич И. И.* Разработка основ многовариантного анализа планировочных решений станций и пересадочных узлов метрополитена на основе моделирования закономерностей движения людских потоков : дис. ... канд. техн. наук. — М. : МИСИ, 1990. — 245 с.
17. *Айбуев З. С.-А.* Формирование людских потоков на предзаводских территориях крупных промышленных узлов машиностроительного профиля : дис. ... канд. техн. наук. — М. : МИСИ, 1989. — 243 с.
18. *Холицевников В. В.* Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. — М. : МИПБ МВД РФ, 1999. — 93 с.
19. *Kholshchevnikov V. V., Shields T. J., Boyce K. E., Samoshin D. A.* Recent developments in pedestrian flow theory and research in Russia // *Fire Safety Journal*. — 2008. — Vol. 43, issue 2. — P. 108–118. DOI: 10.1016/j.firesaf.2007.05.005.
20. *Холицевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И.* Натурные наблюдения людских потоков : учебное пособие. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. — 191 с.
21. *Парфененко А. П.* Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений : дис. ... канд. техн. наук. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. — 153 с.
22. *Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfyonenko A. P., Belosokhov I. R.* Study of children evacuation from pre-school education institutions // *Fire and Materials*. — 2012. — Vol. 36, No. 5-6. — P. 349–366. DOI: 10.1002/fam.2152.

23. Кудрин И. С. Влияние параметров движения людских потоков при пожаре на объемно-планировочные решения высотных зданий : дис. ... канд. техн. наук. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2013. — 190 с.
24. Истратов Р. Н. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в стационарах социальных учреждений по обслуживанию граждан пожилого возраста : дис. ... канд. техн. наук — М. : Академия ГПС МЧС России, 2014. — 160 с.
25. Слюсарев С. В. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам для детей с ограниченными возможностями здоровья в зданиях с их массовым пребыванием : дис. ... канд. техн. наук. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. — 182 с.
26. Fechner G. Th. Elemente der psychophysik. — 2-te Auflagen. — Leipzig : Breitkopf und Härtel, 1889. — 378 s. (in Germany).
27. Забродин Ю. М., Лебедев А. Н. Психология и психофизика — М. : Наука, 1977. — 288 с.
28. Волков П. П., Оксень В. Н. Информационное моделирование эмоциональных состояний. — Минск : Высшая школа, 1978. — 128 с.
29. Копылов В. А. Исследование параметров движения людей при вынужденной эвакуации : дис. ... канд. техн. наук. — М. : МИСИ, 1974.
30. Рост человека / Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рост_человека (дата обращения: 12.04.2017).
31. Thompson P., Nilsson D., Boyce K., McCrath D. Evacuation models are running out time // Fire Safety Journal. — 2015. — Vol. 78. — P. 251–261. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.09.004.
32. Самошин Д. А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации : монография. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. — 209 с.
33. Fruin J. J. Pedestrian planning and design. — New York : Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners Inc., 1971.
34. Pauls J. Movement of people // The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering / DiNenno P. J., Beyer C. L., Custer R. L. P., Walton W. D., Watts J. M. W., Drysdale D., Hall J. R. (eds.). — 2nd ed. — Quincy, MA : National Fire Protection Association, 1996. — P. 3-263–3-285.
35. The 2015 Ageing report: economic and budgetary projections for the 28 EU Member States (2013–2060). — Brussels : European Commission, 2015. — 424 p.

Материал поступил в редакцию 5 мая 2017 г.

Для цитирования: Холщевников В. В., Самошин Д. А., Шахуов Т. Ж. Зависимости между параметрами людских потоков при эвакуации из мечетей // Пожаровзрывобезопасность. — 2017. — Т. 26, № 5. — С. 54–65. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.05.54-65.

English

DEPENDENCES BETWEEN THE PARAMETERS OF HUMAN FLOWS DURING EVACUATION FROM MOSQUES

KHOLSHCHEVNIKOV V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor of Fire Safety in Construction Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: reglament2004@mail.ru)

SAMOSHIN D. A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Fire Safety in Construction Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: inbox-d@mail.ru)

SHAKHUOV T. Zh., Postgraduate Student of Fire Safety in Construction Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: Agps_talga@mail.ru)

ABSTRACT

A large number of parishioners in the mosque determines the need to secure their safety in case of fire. For this purpose, there are defined the demographic of people in the mosque (over 95 per cent of

working age) and the rate (0.6 m^2 of area per one praying person of the total area of the mosque that is vacant from equipment and the elements of the decoration of the hall). The peculiarity of the evacuation process from mosques is the high number of people, the low time of the beginning of evacuation (4–5 sec) and, as a consequence, momentary formation of streams with high density.

Based on the established in the theory of human flows of methods conducting observations on location mosques of Moscow, a series of observations on location had been conducted in the days of their highest point of parishioners.

As a result of the research, based on more than 1500 measurements, the dependences between the parameters of the human flow $V_D = \varphi(D)$ for the first time had been established during its movement along the observed way during the evacuation from the mosques. The high theoretical correlation ratios obtained in all the presented dependences ($\eta_t = 0.999$) determine the established ties practically as functional ($\eta_t = 1.0$), which indicates on the presence of the strong correlational tie between the speed of parishioners movement and the density of the flow.

It is established that in order to provide free evacuation, the width of the exits should be set in proportion to the width in the shoulders of the people that make it up ($b = 0.9 \text{ m}$), but not less than the width of the wheelchair ($b = 0.9 \text{ m}$). In such a way the width of the doorway must be at least 0.9, 1.2, 1.8, 2.4 m etc.

In mosques, as a rule, the evacuation time is determined by the time of movement through the door openings. The maximum intensity of movement through the doorway is determined as a result of the experiments lower by 14.5 per cent than the data existing today in the standards. This is due to the physiological and demographic changes observed in last decades in the structure of the population.

Keywords: evacuation; human stream; mosques; observations on location; parameters of motion.

REFERENCES

1. Belyaev S. V. *Evakuatsiya zdaniy massovogo naznacheniya* [Public evacuation from buildings]. Moscow, All-Russian Academy of the Architecture Publ., 1938. 72 p. (in Russian).
2. *Technical regulation of buildings and structures safety*. Federal Law on 30.12.2009 No. 384 (with changes on 02.07.2013) (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902192610> (Accessed 10 March 2017).
3. *Technical regulations on fire safety requirements*. Federal Law of Russian Federation on 22.07.2008 No. 123 (with changes on 03.07.2016) (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (Accessed 10 March 2017).
4. Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger. Order of Emercom of Russia on 30.06.2009 No. 382. *Rossiyskaya gazeta / Russian Newspaper*, 28.08.2009, no. 161 (in Russian).
5. Arvidson M. Experience with fire suppression installations for wood churches in Sweden. *Journal of Fire Protection Engineering*, 2008, vol. 18, issue 2, pp. 141–159. DOI: 10.1177/1042391507086431.
6. Copping A. G. The development of a fire safety evaluation procedure for the property protection of parish churches. *Fire Technology*, 2002, vol. 38, no. 4, pp. 319–334. DOI: 10.1023/A:1020114314974.
7. Akel Kahera, Latif Abdumalik, Craig Anz. *Design criteria for mosques and islamic centers. Art, architecture, and worship*. Oxford, UK, Elsevier Ltd., 2009. 94 p.
8. Shidlovskiy G. L., Tarantsev A. A. The main problems of ensuring the safety of people when evacuating people from religious buildings. In: *VI mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidatsii posledstviy ChS"* [Proceedings of VI International Scientific and Practical Conference "Training of personnel in the system of prevention and liquidation consequences of emergencies"]. Saint Petersburg, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia, 2007 (in Russian).
9. Samoshin D. A., Matveeva N. P. The problems of safe evacuation of people from religious orthodox buildings. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal / Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal*, 2013, issue 6(52). 7 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-6/03-06-13.ttb.pdf> (Accessed 25 March 2017).
10. Litskevich V. V., Prisadkov V. I., Muslakova S. V., Kosterin I. V., Sobolev A. N., Giletich A. N. Natural draught smoke ventilation for prayer halls in temples. *Pozarnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2016, no. 1, pp. 65–68 (in Russian).

11. Shakhuvov T. Zh., Samoshin D. A. Study of time of evacuation start of people in mosques. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya / Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, 2017, no. 1, pp. 20–24 (in Russian).
12. Predtechenskiy V. M., Milinskiy A. I. *Proyektirovaniye zdaniy s uchetom organizatsii dvizheniya lyudskikh potokov* [Planing for foot traffic flow in buildings]. Moscow, Stroyizdat, 1979. 375 p. (in Russian).
13. Predtechenskiy V. M., Kholshchevnikov V. V. Calculation of the reorganization of human flows in areas of limited length. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo i arkhitektura / News of Higher Educational Institutions. Construction and Architecture*, 1971, no. 4, pp. 67–76 (in Russian).
14. Kholshchevnikov V. V. *Relationship between parameters of human flow. Diploma No. 24-S on the discovery in the field of social psychology*. Moscow, Russian Academy of Natural Sciences, International Academy of Authors of Scientific Discoveries and Inventions, International Association of Authors of Scientific Discoveries Publ., 2005 (in Russian).
15. Kholshchevnikov V. V. *Human flows in buildings, structures and on adjoining territories*. Dr. tech. sci. diss. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering Publ., 1983. 442 p. (in Russian).
16. Isaevich I. I. *Development of the principles of multivariate analysis of planning decisions stations and subway hubs based on modeling patterns of human traffic*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering Publ., 1990. 245 p. (in Russian).
17. Aybuev Z. S.-A. *Formation of human streams in prefactory territories of large industrial hubs of a machine-building profile*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering Publ., 1989. 243 p. (in Russian).
18. Kholshchevnikov V. V. *Issledovaniya lyudskikh potokov i metodologiya normirovaniya evakuatsii lyudey iz zdaniy pri pozhare* [Research of human flows and methodology of rationing of people from buildings in case of fire]. Moscow, MIPB MVD RF Publ., 1999. 93 p. (in Russian).
19. Kholshchevnikov V. V., Shields T. J., Boyce K. E., Samoshin D. A. Recent developments in pedestrian flow theory and research in Russia. *Fire Safety Journal*, 2008, vol. 43, issue 2, pp. 108–118. DOI: 10.1016/j.firesaf.2007.05.005.
20. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Isaevich I. I. *Naturnyye nablyudeniya lyudskikh potokov* [Field observations of human flows]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2009. 191 p. (in Russian).
21. Parfenenko A. P. *Rationing of fire safety requirements for evacuation routes and exits in buildings of preschool educational institutions*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2012. 153 p. (in Russian).
22. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfyonenko A. P., Belosokhov I. R. Study of children evacuation from pre-school education institutions. *Fire and Materials*, 2012, vol. 36, no. 5-6, pp. 349–366. DOI: 10.1002/fam.2152.
23. Kudrin I. S. *Influence of parameters of traffic flows of people in case of fire in the volumetric-planning solutions of tall buildings*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2013. 190 p. (in Russian).
24. Istratov R. N. *Rationing of requirements of fire safety to evacuation ways and exits in hospitals of social establishments on service of citizens of advanced age*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2014. 160 p. (in Russian).
25. Slyusarev S. V. *Standardization of fire safety requirements for evacuation routes and exits for children with disabilities in buildings with their massive stay*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2016. 182 p. (in Russian).
26. Fechner G. Th. *Elemente der psychophysik*. 2-te Auflagen. Leipzig, Breitkopf und Härtel, 1889. 378 s. (in German).
27. Zabrodin Yu. M., Lebedev A. N. *Psikhologiya i psikhofizika* [Psychology and psychophysics]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 288 p. (in Russian).
28. Volkov P. P., Oksen V. N. *Informatsionnoye modelirovaniye emotsionalnykh sostoyaniy* [Information modeling of emotional states]. Minsk, Vysshaya shkola Publ., 1978. 128 p. (in Russian).
29. Kopylov V. A. *Research of parameters of movement of people at the forced evacuation*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, Moscow State University of Civil Engineering Publ., 1974 (in Russian).
30. Human Growth. In: *Wikipediya. Free encyclopedia* (in Russian). Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рост_человека (Accessed 12 April 2017).
31. Thompson P., Nilsson D., Boyce K., McCrath D. Evacuation models are running out time. *Fire Safety Journal*, 2015, vol. 78, pp. 251–261. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.09.004.

32. Samoshin D. A. *Composition of human flows and parameters of their movement during evacuation*. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2016. 209 p. (in Russian).
33. Fruin J. J. *Pedestrian planning and design*. New York, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners Inc., 1971.
34. Pauls J. Movement of people. In: DiNenno P. J., Beyer C. L., Custer R. L. P., Walton W. D., Watts J. M. W., Drysdale D., Hall J. R. (eds.). *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 2nd ed. Quincy, MA, National Fire Protection Association, 1996, pp. 3-263–3-285.
35. *The 2015 ageing report: economic and budgetary projections for the 28 EU Member States (2013–2060)*. Brussels, European Commission, 2015. 424 p.

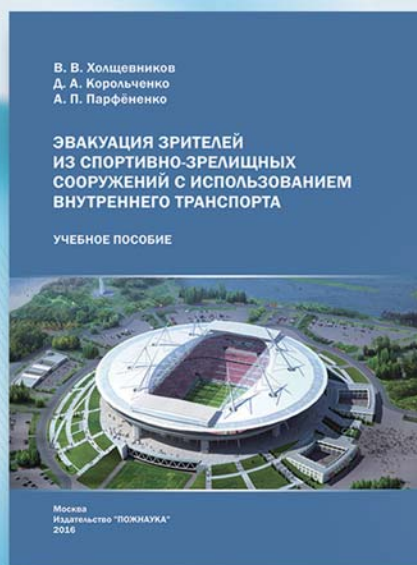
For citation: Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Shakhov T. Zh. Dependences between the parameters of human flows during evacuation from mosques. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 5, pp. 54–65 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.05.54-65.



ООО «Издательство «ПОЖНАУКА»

предлагает Вашему вниманию

Учебное пособие



Холщевников В. В.
Корольченко Д. А.
Парфёненко А. П.

ЭВАКУАЦИЯ ЗРИТЕЛЕЙ ИЗ СПОРТИВНО-ЗРЕЛИЩНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРЕННЕГО ТРАНСПОРТА

М. : Изд-во «ПОЖНАУКА», 2016. — 88 с.

Впервые в практике архитектурно-строительного преподавания рассмотрена методология учета важнейшего функционального процесса — движения людских потоков с использованием эскалаторов и лифтовых установок при различных режимах эксплуатации зданий, включая чрезвычайную ситуацию пожара, на примере реального объекта с большим количеством находящихся в нем людей.

Для заказа книги пишите нам по адресу:

121352, г. Москва, а/я 43,

или звоните по телефону

8 (495) 228-09-03.

Вы можете также оформить заказ через электронную почту:

mail@firepress.ru.