

С. В. СЛЮСАРЕВ, адъюнкт кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4; e-mail: slyusarev91@inbox.ru)

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

УДК 614.8-053.2

ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ДЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ЗДАНИЙ С ИХ МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ

Рассмотрены проблемы обеспечения безопасной эвакуации самых маленьких и уязвимых членов нашего общества – детей с ограниченными возможностями. Проведен анализ научной литературы, позволивший разработать классификацию детей по группам мобильности. Осуществлены исследования процесса эвакуации детей с ограниченными возможностями в стационарных учреждениях социального обслуживания. В результате обработки эмпирических данных получены зависимости между параметрами их движения – скоростью, плотностью потока и эмоциональным состоянием. Показано, что полученные данные позволят повысить точность расчетных оценок уровня безопасности маломобильных детей, а также сформировать информационный массив для совершенствования нормативной базы в области нормирования размеров эвакуационных путей и выходов в зданиях с их массовым пребыванием.

Ключевые слова: маломобильные дети; безопасность при пожаре; параметры поточного движения; расчетное время эвакуации; пожарный риск; стационарное учреждение социального обслуживания.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.43-55

Введение

По данным “Всемирного отчета об инвалидности” [1] во всем мире насчитывается около 1 млрд. чел. с различными формами дисфункций организма, из них 150 млн. детей. По официальным данным [2] на 2014 г. в России зарегистрировано 580 тыс. детей-инвалидов и по разным оценкам от 1 до 2 млн. детей с ограниченными возможностями (т. е. детей, которые не признаны в установленном порядке инвалидами, но имеют постоянные или временные ограниченные возможности и нуждаются в мерах социальной защиты).

В связи с ратификацией в 2008 г. конвенции о правах инвалидов [3] создание качественной архитектурной среды в зданиях с их пребыванием является приоритетной задачей нашего государства. Такая среда должна отвечать четырем критериям: доступности, безопасности, информативности и комфорта. Однако до настоящего времени вопросы обеспечения пожарной безопасности в зданиях с пребыванием маломобильных детей остаются непроработанными. Например, несмотря на очевидную разницу между детьми с ограниченными возможностями и их сверстниками без таких ограничений, а также инвалидами трудоспособного возраста и

престарелыми людьми СП 1.13130.2009 [4] предъявляет однотипные требования к эвакуационным путям и выходам в зданиях с их пребыванием, так как относит такие здания к одному классу функциональной пожарной опасности Ф1.1. Неадекватная защита детей с ограниченными возможностями в зданиях стационарных учреждений социального обслуживания приводит к трагедиям, а риск гибели Q_B на пожаре за последние годы колебался от $86,96 \cdot 10^{-6}$ до $333,3 \cdot 10^{-6}$ чел./год (табл. 1).

Несмотря на очевидную уязвимость детей с ограниченными возможностями, ни в России, ни за рубежом масштабных исследований процесса их эвакуации не проводилось.

Одни из первых работ по эвакуации маломобильных групп населения в нашей стране относятся к концу 90-х годов прошлого века [5–7]. Полученные в этих исследованиях результаты легли в основу впервые разработанного в нашей стране документа [8] и его актуализированной редакции [9]. Дальнейшие исследования людских потоков, состоящих из людей различного возраста и физического состояния, позволили впервые установить параметры их движения и другие особенности эвакуации и спасения детей дошкольного возраста [10], людей пожилого

Таблица 1. Статистические данные по количеству детей, проживающих в стационарных учреждениях, и количеству детей, погибших при пожаре, за период 2009–2012 гг.

Показатель	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Численность детей, чел.	22000	24000	23000	22000
Количество погибших детей, чел.	6	8	2	6
Риск гибели Q_v	$272,7 \cdot 10^{-6}$	$333,3 \cdot 10^{-6}$	$86,96 \cdot 10^{-6}$	$272,7 \cdot 10^{-6}$

возраста [11] и инвалидов трудоспособного возраста по зрению и слуху [12]. Причем отечественные работы в этой области были опубликованы и за рубежом [13, 14]. Тем не менее проведенный анализ показал, что проблемы детей-инвалидов остались вне исследовательской проблематики (рис. 1).

В 2002 г. в Великобритании был представлен отчет “Контроль травматизма и повышение уровня безопасности”, в котором были определены приоритеты при обеспечении безопасности детей в странах Европейского союза, и разработана программа действий в этом направлении [15]. Важное место в нем отводится борьбе с пожарами. Это связано с тем, что в Европе они занимают 3-е место среди основных причин гибели детей, находящихся в группе повышенного риска [16], уступая лишь дорожно-транспортным происшествиям и происшествиям на водоемах.

Однако анализ опубликованных за рубежом результатов позволяет сделать вывод, что исследования в этой области проводятся в очень ограниченном объеме [17–21]. Одной из немногочисленных работ является диссертация, посвященная проблемам эвакуации детей из детских образовательных учреждений [21]. Исследуя время начала эвакуации, автор указывает на решающую роль персонала

и отмечает, что время начала эвакуации для маленьких детей гораздо больше, чем для более старших. Анализ скоростей движения детей показал, что лишь к 12 годам скорость их движения (в том числе по лестнице) соответствует скорости взрослого человека. В 2014 г. была выполнена работа, посвященная вопросу эвакуации детей из зданий школ [20]. Здесь впервые удалось получить экспериментальные данные по времени начала эвакуации $t_{н.з}$ в подобных учреждениях. Установлено, что это время для школ формируется примерно так же, как и для детских дошкольных учреждений (ДООУ) [10], и зависит от времени подготовки детей к эвакуации $t_{под}$ и времени нахождения детей в зоне ожидания $t_{нз}$. В случае аварийной ситуации детей независимо от возраста необходимо собрать в одну общую группу и организовано, по команде, во главе с преподавателем начать движение к выходу наружу из здания. Параметры движения детей школьного возраста при эвакуации исследованы в работах [22, 23].

Кроме того, в отдельных публикациях вопросы обеспечения безопасности детей с ограниченными возможностями при возникновении чрезвычайной ситуации рассматриваются во многом фрагментарно [25]. Основной проблемой в работе [26] названо то, что детей с ограниченными возможностями часто не включают в превентивные планы по борьбе с чрезвычайной ситуацией, что ведет к недостаточной эффективности мер, направленных на их спасение.

Следует отметить, что в работах [24–27] освещаются вопросы обеспечения безопасности детей с ограниченными возможностями при наводнении или землетрясении, когда возможна организация превентивной (заблаговременной) эвакуации, но не рассматриваются проблемы пожарной безопасности.

Таким образом, проведенный анализ нормативных требований и исследований как отечественных, так и зарубежных ученых позволил заключить, что главной и нерешенной проблемой остается отсутствие количественных данных по интенсивности q_D и скорости V_D движения маломобильных детей при различной плотности людского потока D , а также отсутствие дифференцированного учета влияния причин потери мобильности детей. Это не позволяет проводить расчетные оценки пожарных рисков и устанавливать научно обоснованные требования к размерам эвакуационных путей и выходов в зданиях



Рис. 1. Исследования мобильных и маломобильных групп населения

с их массовым пребыванием, что предопределяет необходимость проведения специальных исследований, направленных на выявление особенностей эвакуации маломобильных детей.

Организация и методика проведения экспериментальной работы

Анализ различных источников и опросов специалистов в области социальной защиты инвалидов показал, что маломобильные дети могут находиться в зданиях совершенно различного функционального назначения, посещая в среднем 3–4 раза в месяц мероприятия, проводимые в зрелищных, культурно-просветительских учреждениях и спортивных сооружениях, а также регулярно — больницы и поликлиники. В связи с внедрением инклюзивного образования, основанного на организации совместного процесса обучения детей независимо от их физических, интеллектуальных, психических или иных особенностей, возрастает вероятность пребывания их в общеобразовательных организациях. Тем не менее самыми востребованными остаются специализированные учреждения для постоянного и временного пребывания детей с ограниченными возможностями, поэтому именно в таких зданиях и проводились эксперименты. В зависимости от вида дисфункций организма и его влияния на процесс эвакуации была разработана классификация маломобильных детей (рис. 2), на основе которой оценивались параметры их движения.

Исследования проводились в период с 2013 по 2015 гг. в специализированных стационарных учреждениях с постоянным и временным пребыванием детей в возрасте от 4 до 18 лет в различных городах нашей страны (Москва, Сергиев Посад, Нижний Ломов, Биробиджан). Фрагменты экспериментов по эвакуации детей с ограниченными возможностями представлены на рис. 3.

Для получения необходимых данных по количественным характеристикам движения маломобильных детей, способных к самостоятельной эвакуации (особенности эвакуации немобильных людей рассмотрены в работе [11]), и определения других качественных особенностей данного процесса использовался метод киносъёмки [28, 29]. Предварительно в каждом здании выбирались необходимые для исследования виды пути: горизонтальные пути, проемы, лестницы вверх и вниз. На выбранных участ-

ках пути устанавливались видеорегистраторы таким образом, чтобы они охватывали максимальную площадь рассматриваемых участков пути с минимальными перспективными искажениями. Далее на них накладывалась масштабная сетка с размером ячейки 1×1 м. Выполнив контрольный кадр участка, ее убирали, чтобы не мешать процессу эвакуации.

Завершив экспериментальную часть работы, проводили анализ полученных данных. С этой целью на персональном компьютере редактировалась и преобразовывалась в нужный формат с помощью программного обеспечения “Freemake Video Converter” исходная видеозапись. Далее с помощью программного средства “Screen Marker” на мониторе вычерчивался контур масштабной сетки. Фрагмент записи с масштабной сеткой накладывался на видеозапись движения людского потока по выбранному участку пути. Пример обработки видеозаписи представлен на рис. 4.

В ходе дальнейшего покадрового просмотра подготовленной таким образом видеозаписи отмечался момент входа ребенка в зону исследуемого участка (т. е. ячейки) и рассчитывалось количество находящихся перед ним людей для определения плотности потока D (чел./м²) по формуле

$$D = N / (b \Delta l), \tag{1}$$

где N — количество людей в потоке на исследуемом участке пути;

b — ширина потока (принимается равной ширине исследуемого участка пути), м;

Δl — длина потока (длина участка пути), м.

Затем фиксировалось время Δt (с) прохождения участка длиной $\Delta l = 1$ м, определяемое по формуле

$$\Delta t = \frac{n_{\text{общ}}^{\text{кадр}}}{v} = \frac{n_{\text{вых}} - n_{\text{вх}}}{v}, \tag{2}$$

где $n_{\text{общ}}^{\text{кадр}}$ — общее количество кадров, на которых ребенок проходит исследуемый участок пути;

v — кадровая частота видеозаписывающего устройства, кадров в секунду;

$n_{\text{вых}}$ — номер кадра, на котором ребенок выходит из рассматриваемого участка пути;

$n_{\text{вх}}$ — номер кадра, на котором ребенок входит на рассматриваемый участок пути.

Далее в зависимости от общего числа кадров n , на которых ребенок находился в пределах ячейки, определялась скорость его движения V_D (м/мин)

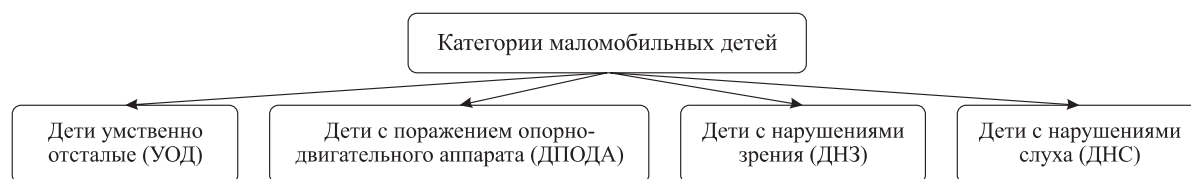


Рис. 2. Классификация маломобильных детей по типу инвалидности

в установленном интервале плотности потока по формуле

$$V_D = 60 \sum_1^n \Delta l / \sum_1^n \Delta t. \quad (3)$$

После того как рассматриваемый ребенок вышел из зоны наблюдения, выбирали следующего ребенка в потоке и по той же методике продолжали дальнейшую обработку данных.



Рис. 3. Процесс эвакуации детей с ограниченными возможностями: а — ДНС; б — УОД; в — ДНЗ; г — ДПОДА



Рис. 4. Анализ полученных видеоматериалов на различных участках пути: а — лестница вниз; б — горизонтальный путь; в — дверной проем

Единственным исключением являлся дверной проем, так как его длина Δl практически равна нулю. В этом случае подсчитывали число детей $N_{\Delta t}$, проходящих через него за интервал времени Δt , величина которого определялась продолжительностью существования перед границей проема потока определенной плотности D . Имея в распоряжении эти параметры, сначала определяли интенсивность движения q_D (чел./м·мин) через проем шириной δ (м) при наблюдаемой плотности потока D перед ним в течение интервала времени Δt по формуле

$$q_D = N_{\Delta t} / (\delta \Delta t). \quad (4)$$

Затем рассчитывали скорость V_D перехода через границу проема при плотности потока D :

$$V_D = q_D / D. \quad (5)$$

Таким образом было получено 3791 значение замеров параметров движения (табл. 2).

Далее полученный в ходе экспериментов эмпирический материал необходимо было сгруппировать по классификационным факторным признакам (плотность, группа мобильности, тип пути). Для этого проводилась первичная статистическая обработка результатов экспериментов с использованием компьютерных программ для статистического анализа SPSS Software “Statistical Package for the Social Sciences” и Microsoft Excel 2013. Полученные параметры скорости движения детей V (м/мин) были сгруппированы в возрастающем порядке, образуя непрерывные вариационные ряды для каждого интервала плотности D .

Затем выполнялась проверка гипотезы о нормальном распределении выборочных совокупностей с помощью математических критериев в зависимости от численности вариационных рядов. Так как все исследования проходили в различное время и в разных учреждениях, проводилась оценка достоверности анализируемых данных. Для этого проверялась гипотеза о статистической значимости различий между сравниваемыми эмпирическими выборочными совокупностями [30]. После этого все анализируемые параметры были систематизированы и сведены в статистические таблицы для каждой группы

Таблица 2. Количество замеров параметров движения детей с ограниченными возможностями по различным видам пути

Вид пути	Тип детей			
	УОД	ДПОДА	ДНС	ДНЗ
Горизонтальный путь	420	174	292	309
Лестница вверх	230	205	227	296
Лестница вниз	149	336	255	255
Дверной проем	187	232	167	57

детей,двигающихся по различным участкам пути. В качестве примера в табл. 3 и 4 представлены данные по параметрам движения детей с поражением опорно-двигательного аппарата (без дополнительных опор, с одной или двумя дополнительными опорами и на ходунках).

Полученные таким образом статистические данные после первичной обработки легли в основу анализа наблюдаемой зависимости между результативным (скорость) и факторным (плотность людского потока) признаками [31].

Таблица 3. Скорость движения детей с поражением опорно-двигательного аппарата по горизонтальным путям и по лестницам

Вид пути	Интервал плотности D , чел./м ²	Количество наблюдений n	Математическое ожидание скорости $m(V)$, м/мин	Среднеквадратическое отклонение $\sigma(V)$, м/мин	Граница 95 %-ного доверительного интервала	
					нижняя	верхняя
Горизонтальный	0–1	111	50,59	19,76	46,91	54,26
	1–2	51	39,96	12,85	36,43	43,49
	2–3	8	32,26	5,74	27,46	35,07
	3–4	4	27,89	1,19	21,45	30,33
Лестница вверх	0–1	87	22,94	13,24	20,16	25,72
	1–2	45	16,54	6,98	14,50	18,58
	2–3	44	13,11	4,36	11,82	14,40
	3–4	20	10,77	3,08	9,42	12,12
	4–5	6	8,38	1,99	6,79	9,97
	5–6	3	6,12	0,13	5,97	6,27
Лестница вниз	0–1	152	25,33	11,41	23,52	27,14
	1–2	94	20,93	6,80	19,56	22,30
	2–3	60	17,81	5,62	16,39	19,23
	3–4	25	15,84	3,96	14,29	17,39
	4–5	10	13,97	2,20	12,04	15,90

Таблица 4. Средние значения интенсивности движения через проем детей с ПОДА

Интервал плотности D , чел./м ²	Количество наблюдений n	Среднее значение интенсивности q , чел./м·мин
1–2	38	47
2–3	32	65
3–4	25	72
4–5	32	81
5–6	28	94
6–7	20	100
7–8	23	111
8–9	19	95
9–10	15	79

Определение зависимости скорости движения маломобильных детей от плотности людского потока

В теории движения людских потоков зависимость скорости движения V_{Dj} от плотности людского потока описывается в общем случае формулой

$$V_{Dj} = V_{0j} (1 - R_j), \quad (6)$$

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

R_j — функция, отображающая степень (силу) влияния внешнего фактора на сенсорную систему человека, формирующую интенсивность реакции (в данном случае скорости движения) человека.

Для определения вида этой зависимости при движении детей с ограниченными возможностями по результатам экспериментальных данных строились эмпирические функции $\bar{R}_{Dj} = f(D)$ для каждого интервала плотности потока, вида пути и типа инвалидности детей:

$$\bar{R}_{Dj} = \frac{\Delta V_{Dj}}{V_{0j}} = \frac{m(V_{0j}) - m(V_{Dj})}{m(V_{0j})}, \quad (7)$$

где $m(V_{0j})$ — математическое ожидание скорости свободного движения в интервале плотности потока 0–1 чел./м²;

$m(V_{Dj})$ — математическое ожидание скорости движения в интервале плотности потока, для которого определяется степень влияния внешнего фактора на сенсорную систему человека.

После этого проводилась аппроксимация зависимости (7) теоретической зависимостью $R_{Dj}^T = f(D)$, описываемая логарифмическим выражением ранее установленного вида [32] на основе психофизического закона Вебера–Фехнера:

$$R_{Dj}^T = a_j \ln(D_i/D_{0j}), \quad (8)$$

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

D_i — значение плотности людского потока, при котором определяется R_{Dj}^T ;

D_{0j} — пороговое значение плотности потока, по достижении которого она начинает ощущаться как воздействующий на скорость фактор при движении по j -му виду пути.

Значения коэффициента a_j и плотности D_{0j} определялись методами средних и наименьших квадратов при помощи программного обеспечения “Microsoft Office Excel”. О корректности проведенной аппроксимации свидетельствует нахождение теоретической кривой в 95 %-ном доверительном интервале,

а также то, что максимальное отклонение теоретических значений R_{Dj}^T от эмпирических \bar{R}_{Dj} не превышает 10 %. Пример аппроксимации $R_j = f(D)$ для умственно отсталых детей при движении по горизонтальным участкам проиллюстрирован на рис. 5. Значения a_j и D_{0j} для исследованных групп маломобильных детей при движении по различным видам пути приведены в табл. 5.

Оценка степени влияния факторного признака D на вариацию результирующего признака R_j (т. е. измерение тесноты связи между ними) позволила получить значения теоретического корреляционного

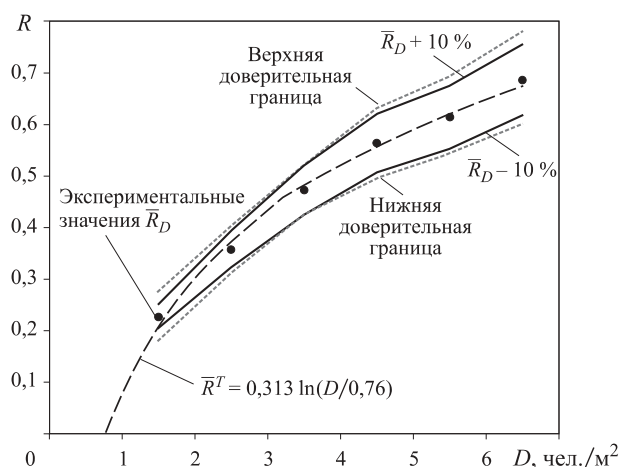


Рис. 5. Аппроксимация зависимости $R = f(D)$ для умственно отсталых детей при движении по горизонтальным участкам пути

Таблица 5. Значения a_j и D_{0j} при движении детей различной мобильности по разным видам пути в стационарных учреждениях

Вид пути	Группа маломобильных детей	a_j	D_{0j} , чел./м ²
Горизонтальный	УОД	0,313	0,76
	ДПОДА	0,329	0,79
	ДНЗ	0,291	0,78
	ДНС	0,271	0,67
Лестница вверх	УОД	0,343	0,75
	ДПОДА	0,343	0,69
	ДНЗ	0,295	0,69
	ДНС	0,345	0,74
Лестница вниз	УОД	0,295	0,69
	ДПОДА	0,247	0,75
	ДНЗ	0,282	0,75
	ДНС	0,246	0,69
Дверной проем	УОД	0,288	0,67
	ДПОДА	0,342	0,88
	ДНЗ	0,430	0,96
	ДНС	0,347	0,95

отношения $\eta_T \geq 0,95$, которые определяют установленную связь практически как функциональную. Это свидетельствует о наличии сильной корреляционной связи между скоростью движения детей с ограниченными возможностями и плотностью и о корректном выборе вида теоретической зависимости.

Определение зависимости скорости движения маломобильных детей от их эмоционального состояния

Для нахождения зависимости скорости V_0 (м/мин) свободного движения маломобильных детей от степени психологической напряженности, выраженной показателем отрицательного эмоционального состояния \mathcal{E} , использовалась статистическая теория распределения крайних членов выборки [33], которая нашла свое применение в теории людских потоков [10, 31, 34].

Отбор максимальных значений V_n из выборочных совокупностей в интервале плотности $D = 0 \div 1$ чел./м² проводился из условия $V_n > \bar{V} + 1,5\sigma$ (где \bar{V} — математическое ожидание скоростей в выборке, м/мин; σ — стандартное отклонение). Такой отбор показал, что у детей с поражением опорно-двигательного аппарата, нарушением зрения, а также у умственно отсталых детей такие скорости отсутствуют. Это связано с особенностями их заболеваний, осложняющих процесс их движения, и, как следствие, со снижением вариабельности скоростей во всех диапазонах плотности потока. Исключением являются дети с нарушением слуха. На основе сформированного массива значений V_n в соответствии с методикой, предложенной проф. В. В. Холщевниковым [31], были получены зависимости, связывающие средние скорости свободного движения по различным видам пути и уровень эмоционального состояния людей (рис. 6):

$$V_0^{\mathcal{E}} = 35,62 - 4,08 \ln[-\lg(0,1 + 1,284\mathcal{E})]; \quad (9)$$

$$V_0^{\mathcal{E}} = 25,98 - 3,41 \ln[-\lg(0,1 + 1,284\mathcal{E})]. \quad (10)$$

Данные уравнения позволяют построить графики прогнозируемых средних значений скорости движения детей с нарушением слуха по горизонтальным путям и через проемы (9), а также по лестницам вверх и вниз (10) в зависимости от вероятного наблюдаемого уровня эмоционального состояния.

В результате были получены численные характеристики скорости свободного движения для различных категорий движения детей с нарушением слуха по различным участкам пути (табл. 6).

Для расчета времени эвакуации детей с нарушением слуха следует принимать средние значения из диапазона значений для категории повышенной активности, т. е. $V_0 = 59,88$ м/мин при движении по

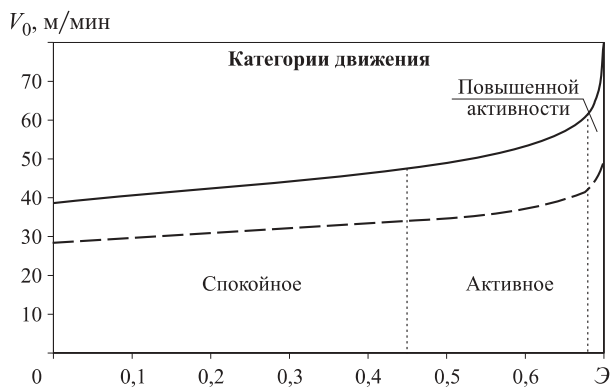


Рис. 6. Зависимость скорости свободного движения детей с нарушением слуха от степени психологической напряженности ситуации: ———— горизонтальный путь, проем, лестница вверх; - - - - - лестница вниз

горизонтальному пути, лестнице вверх, через проем и $V_0 = 46,28$ м/мин — по лестнице вниз.

Параметры скорости свободного движения для остальных групп детей представлены в табл. 7.

На основании проведенной статистической обработки и теоретического обобщения эмпирического материала выведены зависимости (рис. 7 и 8), отражающие влияние эмоционального состояния детей и плотности потока на скорость и интенсивность движения маломобильных детей по различным участкам пути.

Следует отметить, что в рамках проведенного исследования были выявлены определенные индивидуальные особенности маломобильных детей [35], которые, несомненно, позволяют точнее воспроизводить

Таблица 6. Скорости свободного движения для ДНЗ по видам пути при различных категориях движения

Категория движения	V_0 , м/мин, по участкам пути	
	Горизонтальный путь, проем, лестница вверх	Лестница вниз
Комфортное	Менее 35,62	Менее 25,98
Спокойное	35,62–42,88	25,98–32,05
Активное	42,88–53,72	32,05–41,13
Повышенной активности	53,72–66,04	41,13–51,44

Таблица 7. Скорости свободного движения для УОД, ДПОДА, ДНЗ по различным видам пути при разных категориях движения

Группа маломобильных детей	Скорость свободного движения V_0 , м/мин, по участкам пути			
	Горизонтальный путь	Проём	Лестница вверх	Лестница вниз
УОД	52,26	48,91	44,32	33,31
ДПОДА	50,59	46,82	22,94	25,33
ДНЗ	41,26	41,61	36,83	28,70

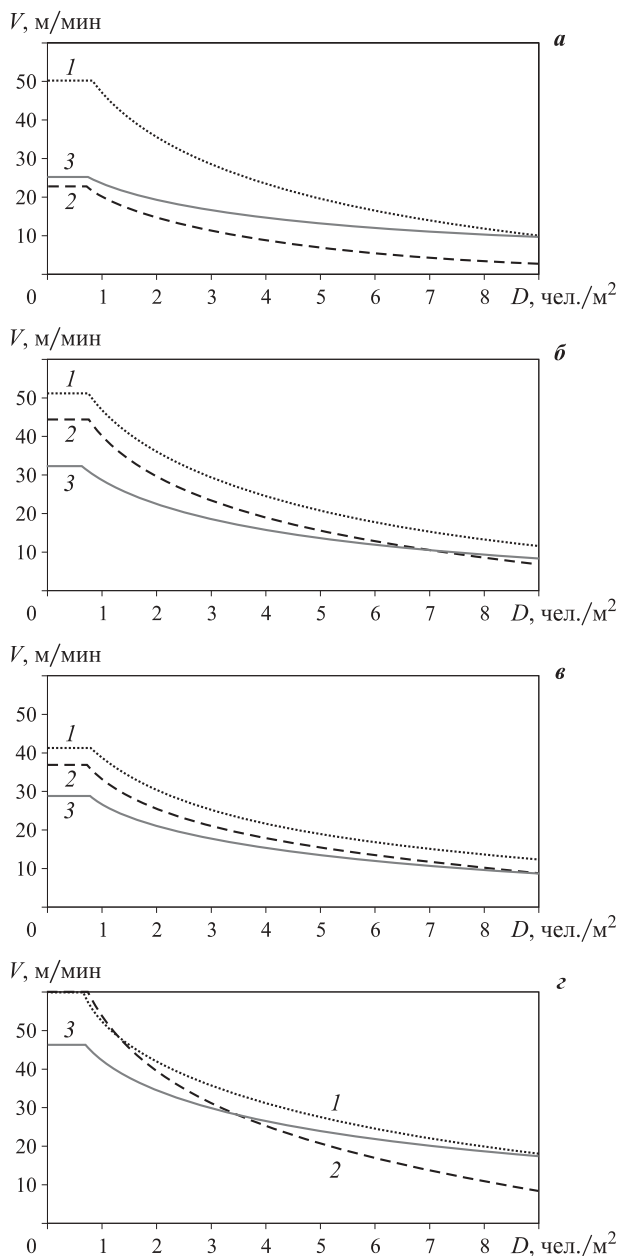


Рис. 7. Зависимость скорости движения ДПОДА (без опор, с одной или двумя опорами, на ходунках) (а), УОД (б), ДНЗ (в) и ДНС (г) от плотности потока по различным видам пути: 1 — горизонтальный путь; 2 — лестница вверх; 3 — лестница вниз

дить качественную картину процесса эвакуации в зданиях с их массовым пребыванием с применением расчетных методов.

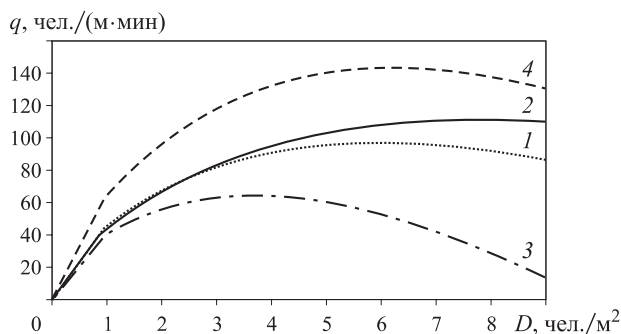


Рис. 8. Зависимость интенсивности движения детей различной мобильности от плотности потока через проемы: 1 — ДПОДА; 2 — УОД; 3 — ДНЗ; 4 — ДНС

Заключение

Для обеспечения пожарной безопасности детей с ограниченными возможностями необходимо знать параметры их движения при эвакуации, однако ранее такие данные отсутствовали. В связи с этим возникла потребность в проведении масштабных экспериментальных исследований в этом направлении. Результаты этих исследований дали возможность решить следующие научные задачи:

- разработать классификацию маломобильных детей с учетом особенностей их эвакуации: умственно отсталые дети, дети с поражением опорно-двигательного аппарата, дети с нарушением зрения и дети с нарушением слуха;
- установить закономерности связи скорости и интенсивности движения детей в зависимости от плотности людского потока на различных участках пути;
- установить закономерности связи эмоционального состояния и скорости движения маломобильных детей;
- определить скорости свободного движения в процессе эвакуации детей с нарушением слуха по каждому виду пути при различных категориях движения.

Полученные данные позволят повысить точность расчетных оценок (расчетов времени эвакуации и величины пожарного риска), а также сформировать информационный массив для совершенствования нормативной базы в области нормирования размеров эвакуационных путей и выходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World report on disability. — Geneva : World Health Organization, 2011. — 325 p.
2. Российский статистический ежегодник. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b13_13/Main.htm (дата обращения: 23.11.2015).
3. Конвенция о правах инвалидов. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml (дата обращения: 23.11.2015).
4. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. — Введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. — 43 с.

5. Кирюханцев Е. Е., Холицевников В. В., Шурин Е. Т. Первые экспериментальные исследования движения инвалидов в общем потоке // Безопасность людей при пожарах : сб. статей. — М. : ВИПТШ МВД РФ, 1999. — С. 25–31.
6. Шурин Е. Т., Анаков А. В. Выделение групп населения по мобильным качествам и индивидуальное движение в людском потоке как основа моделирования движения “смешанных” людских потоков при эвакуации // Проблемы пожарной безопасности в строительстве : сб. статей. — М. : Академия ГПС МВД России, 2001. — С. 36–42.
7. Шурин Е. Т., Самошин Д. А. Результаты экспериментов по определению некоторых параметров эвакуации немобильных людей при пожаре // Системы безопасности : 10-я науч.-техн. конф. — М. : Академия ГПС МВД РФ, 2001. — С. 114–117.
8. СНиП 35-01–2001. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. — Введ. 01.09.2001. — М. : ГУП ЦПП, 2001. — 32 с.
9. СП 59.13330.2012 (актуализированная ред. СНиП 35-01–2001). Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. — Введ. 01.01.2013. — М. : ФАУ ФЦС, 2011. — 58 с.
10. Парфененко А. П. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2012. — 153 с.
11. 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., 2014. — 160 с.
12. Самошин Д. А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации : монография. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. — 210 с.
13. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfenenko 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.
14. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfenenko A. P. Pre-school and school children building evacuation // Proceedings of the Fourth International Symposium on Human Behaviour in Fire. — UK, Cambridge, 2009. — P. 243–254.
15. Vicenten J., Michalsen A. Priorities for child safety in the European Union: Agenda for action // Injury Control and Safety Promotion. — 2002. — Vol. 9, No. 1. — P. 1–8. DOI: 10.1076/icsp.9.1.1.3326.
16. Gwynne S. M. V. Optimizing fire alarm notification for high-risk groups : summary report // Research Report for the Fire Protection Research Foundation. — USA, Quincy : National Fire Protection Association, 2007.
17. Aydn Ozkay. A qualitative approach to children of developing countries from human behavior point of view // Proceedings of the 2nd International Symposium on Human Behavior in Fire, 26–28 March 2001. — USA, Massachusetts, 2001. — P. 531–538.
18. Bruck D., Tomas I. R. Community-based research on the effectiveness of the home smoke alarm in waking up children // Fire and Materials. — 2011. — Vol. 36, No. 5-6. — P. 339–348. DOI: 10.1002/fam.1081.
19. Lárusdóttir A. R., Dederichs A. S. Evacuation of children: Movement on stairs and on horizontal plane // Fire Technology. — 2012. — Vol. 48, No. 1. — P. 43–53. DOI: 10.1007/s10694-010-0177-6.
20. Cuesta A., Gwynne S. M. V. The collection and compilation of school evacuation data for model use // Safety Science. — 2016. — Vol. 84. — P. 24–36. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.11.003.
21. Lárusdóttir A. R., Dederichs A., Nilsson D. Evacuation of children: Focusing on daycare centers and elementary schools. — Denmark, Reykjavik : Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering, 2014. — 158 p.
22. Полоз Д. А. Методика определения расчетного времени эвакуации неоднородных людских потоков из зрительных залов : дис. ... канд. техн. наук. — Минск, 2010. — 156 с.
23. Ерёмченко М. А. Движение людских потоков в школьных зданиях : дис. ... канд. техн. наук. — М., 1978. — 186 с.
24. Ronoh S., Gaillard J. C., Marlowe J. Children with disabilities and disaster risk reduction: A review // International Journal of Disaster Risk Science. — 2015. — Vol. 6, No. 1. — P. 38–48. DOI: 10.1007/s13753-015-0042-9.
25. Peek L., Stough L. M. Children with disabilities in the context of disaster: A social vulnerability perspective // Child Development. — 2010. — Vol. 81, No. 4. — P. 1260–1270. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2010.01466.x.
26. Andreou Y., McCall S. Using the voice of the child who is blind as a tool for exploring spatial perception // British Journal of Visual Impairment. — 2010. — Vol. 28, No. 2. — P. 113–129. DOI: 10.1177/0264619609360285.

27. Tanaka S. Issues in the support and disaster preparedness of severely disabled children in affected areas // Brain and Development. — 2013. — Vol. 35, No. 3. — P. 209–213. DOI: 10.1016/j.braindev.2012.09.008.
28. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И. Натурные наблюдения людских потоков : учеб. пособие. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. — 191 с.
29. Холщевников В. В. Влияние методов натурных наблюдений на определение числовых характеристик закона распределения расчетной величины скорости людского потока // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 8. — С. 71–80.
30. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие. — М. : Высшая школа, 2003. — 479 с.
31. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. ... д-ра техн. наук. — М., 1983. — 486 с.
32. Холщевников В. В. Закономерность 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.
33. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятности и математической статистики для технических приложений. — М. : Наука, 1969. — 512 с.
34. Кудрин И. С. Выявление параметров движения людских потоков при пожаре на объемно-планировочные решения высотных зданий : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2013. — 190 с.
35. Самошин Д. А., Слюсарев С. В. Особенности индивидуального движения людей различной мобильности в общем потоке эвакуируемых из здания при пожаре // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — № 3(61). — С. 121–131.

Материал поступил в редакцию 14 февраля 2016 г.

Для цитирования: Слюсарев С. В., Самошин Д. А. Параметры движения маломобильных детей для определения расчетного времени эвакуации из зданий с их массовым пребыванием // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 4. — С. 43–55. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.43-55.

English

PARAMETERS OF THE MOVEMENT CHILDREN WITH LIMITED MOBILITY FOR DEFINITION OF AN EVACUATION TIME ESTIMATE FROM BUILDINGS WITH THEIR MASS STAY

SLYUSAREV S. V., Postgraduate Student of Department of Fire Safety in Construction, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: slyusarev91@inbox.ru)

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

ABSTRACT

In the article it is formulated problem of ensuring safe evacuation of children with limited mobility, from the standard and research points of view. Provisions of the existing normative documents, despite an essential difference between children with limited opportunities and their peers without restrictions, and disabled people of working-age and aged people, define identical requirements to evacuation ways and exits in buildings with their stay as they belong to one functional fire-hazard class F1.1. Analysis of a problem from the research point of view has shown that features of process of evacuation of handicapped children in our country are almost not studied. At the same time, the review of foreign works has shown that in the countries of Europe and USA the close attention is paid of safety of the children's population in various emergencies, especially at the fires as they take the 3rd place among the main reasons for death of children, after road accidents, and incidents on reservoirs. However it should be noted that all works which are carried out in this area allow to solve a problem of safety of children with limited mobility at the fire partially as there are no quantitative data about evacuation process, in particular about parameters of their movement.

Therefore researches in residential social service institution with children of various groups of mobility on the proven methodology have been conducted. Received and in a consequence statistically processed empirical material has been used for determination of dependences of speed of the movement of children with limited mobility on density of a human flow and from their emotional state. As a result there were obtained numerical characteristics of coefficients of a_j and D_{0j} , and parameters of speed of the free movement V_0 for the studied groups of children on different types of a way, that will allow to carry out fire risk assessment and to establish the scientifically based sizes to evacuation ways and exits in buildings with their mass stay.

Keywords: children with limited mobility; safety at the fire; parameters of the movement of a human flow; evacuation time estimate; fire risk; residential social service institution.

REFERENCES

1. *World Report on Disability*. Geneva, World Health Organization, 2011. 325 p.
2. *Rossiyskiy statisticheskiy yezhegodnik* [Russian statistics digest]. Available at: http://www.gks.ru/bgd/regl/b13_13/Main.htm (Accessed 23 November 2015).
3. *Konventsiya o pravakh invalidov* [The United Nations Convention on Rights of Persons with Disabilities]. Available at: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml (Accessed 23 November 2015).
4. *Set of rules 1.13130.2009. The systems of fire protection. Evacuation ways and exits*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. 43 p. (in Russian).
5. Kiryukhantsev E. E., Kholshchevnikov V. V., Shurin E. T. Pervyye eksperimentalnyye issledovaniya dvizheniya invalidov v obshchem potoke [First pilot study of the movement of persons with disabilities in the general stream]. *Bezopasnost lyudey pri pozharakh* [The safety of people during fires]. Moscow, Higher Fire and Technical School of Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation Publ., 1999, pp. 25–31.
6. Shurin E. T., Apakov A. V. Vydeleniye grupp naseleniya po mobilnym kachestvam i individualnoye dvizheniye v lyudskom potoke kak osnova modelirovaniya dvizheniya “smeshannykh” lyudskikh potokov pri evakuatsii [The selection of population groups through mobile qualities and individual movement in the human stream as the basis of simulation of the movement “mixed” people flows during evacuation]. *Problemy pozharoy bezopasnosti v stroitelstve: sb. statey* [Problems of fire safety in construction. Collection of articles]. Moscow, State Fire Academy of Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation Publ., 2001, pp. 36–42.
7. Shurin E. T., Samoshin D. A. Rezultaty eksperimentov po opredeleniyu nekotorykh parametrov evakuatsii nemobilnykh lyudey pri pozhare [Results of experiments on defining some of the parameters evacuation immobile people in case of fire]. *Sistemy bezopasnosti: 10-ya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya* [Safety Systems. 10th Scientific and Technical Conference]. Moscow, State Fire Academy of Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation Publ., 2001, pp. 114–117.
8. *Construction norms and regulations 35-01–2001. Accessibility of buildings and structures for physically handicapped persons*. Moscow, Center of Design Production in Construction Publ., 2001. 32 p. (in Russian).
9. *Set of rules 59.13130.2012. Accessibility of buildings and structures for persons with disabilities and persons with reduced mobility*. Moscow, Federal Scientific and Technological Center of Certification in Construction Publ., 2011. 58 p. (in Russian).
10. Parfenenko A. P. *Normirovaniye trebovaniy pozharoy bezopasnosti k evakuatsionnym putyam i vykhodam v zdaniyakh detskikh doskolnykh obrazovatelnykh uchrezhdeniy: dis. kand. tekhn. nauk* [Rationing of requirements of fire safety to evacuation ways and exits in daycare centers. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2012. 153 p.
11. Istratov R. N. *Normirovaniye trebovaniy pozharoy bezopasnosti k evakuatsionnym putyam i vykhodam v statsionarakh sotsialnykh uchrezhdeniy po obsluzhivaniyu grazhdan pozhilogo vozrasta: dis. kand. tekhn. nauk* [Rationing of requirements of fire safety to evacuation ways and exits in residential social service institution for the aged. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2014. 160 p.
12. Samoshin D. A. *Sostav lyudskikh potokov i parametry ikh dvizheniya pri evakuatsii* [Structure of human flows and parameters of their movement at evacuation]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2016. 210 p.

13. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfenenko 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.
14. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfenenko A. P. Pre-school and school children building evacuation. *Proceedings of the Fourth International Symposium on Human Behaviour in Fire*. UK, Cambridge, 2009, pp. 243–254.
15. Vicenten J., Michalsen A. Priorities for child safety in the European Union: Agenda for action. *Injury Control and Safety Promotion*, 2002, vol. 9, no. 1, pp. 1–8. DOI: 10.1076/icsp.9.1.1.3326.
16. Gwynne S. M. V. Optimizing fire alarm notification for high-risk groups: summary report. *Research Report for the Fire Protection Research Foundation*. USA, Quincy, National Fire Protection Association, 2007.
17. Aydın Ozkay. A qualitative approach to children of developing countries from human behavior point of view. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Human Behavior in Fire*, 26–28 March 2001. USA, Massachusetts, 2011, pp. 531–538.
18. Bruck D., Tomas I. R. Community-based research on the effectiveness of the home smoke alarm in waking up children. *Fire and Materials*, 2011, vol. 36, no. 5-6, pp. 339–348. DOI: 10.1002/fam.1081.
19. Lárusdóttir A. R., Dederichs A. S. Evacuation of children: Movement on stairs and on horizontal plane. *Fire Technology*, 2012, vol. 48, no. 1, pp. 43–53. DOI: 10.1007/s10694-010-0177-6.
20. Cuesta A., Gwynne S. M. V. The collection and compilation of school evacuation data for model use. *Safety Science*, 2016, vol. 84, pp. 24–36. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.11.003.
21. Lárusdóttir A. R., Dederichs A., Nilsson D. *Evacuation of children: Focusing on daycare centers and elementary schools*. Denmark, Reykjavik, Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering, 2014. 158 p.
22. Poloz D. A. *Metodika opredeleniya raschetnogo vremeni evakuatsii neodnorodnykh lyudskikh potokov iz zritelnykh zalov: dis. kand. tekhn. nauk* [Technique of definition of an estimated time of evacuation of non-homogeneous human flows from auditoriums. Cand. tech. sci. diss.]. Minsk, 2010. 156 p.
23. Eremchenko M. A. *Dvizheniye lyudskikh potokov v shkolnykh zdaniyakh: dis. kand. tekhn. nauk* [The movement of human flows in school buildings. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 1978. 186 p.
24. Ronoh S., Gaillard J. C., Marlowe J. Children with disabilities and disaster risk reduction: A review. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2015, vol. 6, no. 1, pp. 38–48. DOI: 10.1007/s13753-015-0042-9.
25. Peek L., Stough L. M. Children with disabilities in the context of disaster: A social vulnerability perspective. *Child Development*, 2010, vol. 81, no. 4, pp. 1260–1270. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2010.01466.x.
26. Andreou Y., McCall S. Using the voice of the child who is blind as a tool for exploring spatial perception. *British Journal of Visual Impairment*, 2010, vol. 28, no. 2, pp. 113–129. DOI: 10.1177/0264619609360285.
27. Tanaka S. Issues in the support and disaster preparedness of severely disabled children in affected areas. *Brain and Development*, 2013, vol. 35, no. 3, pp. 209–213. DOI: 10.1016/j.braindev.2012.09.008.
28. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Isaevich I. I. *Naturnyye nablyudeniya lyudskikh potokov* [Observations human flows]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2009. 191 p.
29. Kholshchevnikov V. V. Vliyaniye metodov naturnykh nablyudeny na opredeleniye chislovykh kharakteristik zakona raspredeleniya raschetnoy velichiny skorosti lyudskogo potoka [The effect of field observation methods on determining numeric characteristics of the law of human flow velocity distribution]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 8, pp. 71–80.
30. Gmurman V. E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika* [Probability theory and mathematical statistics]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2003. 479 p.
31. Kholshchevnikov V. V. *Lyudskiye potoki v zdaniyakh, sooruzheniyakh i na territorii ikh kompleksov: dis. d-ra tekhn. nauk* [Human flows in buildings, structures and on adjoining territories. Dr. tech. sci. diss.]. Moscow, 1983. 486 p.
32. Kholshchevnikov V. V. *Zakonomernost svyazi mezhdu parametrami lyudskikh potokov. Diplom No. 24-S na otkrytiye v oblasti sotsialnoy psikhologii* [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.
33. Smirnov N. V., Dunin-Barkovskiy I. V. *Kurs teorii veroyatnosti i matematicheskoy statistiki dlya tekhnicheskikh prilozheniy* [Course of probability theory and mathematical statistics for technical appendices]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 512 p.

34. Kudrin I. S. *Vyyavleniye parametrov dvizheniya lyudskikh potokov pri pozhare na obyemno-planirovochnyye resheniya vysotnykh zdaniy: dis. kand. tekhn. nauk* [Identification of parameters of the movement of human flows at the fire on space-planning solutions of high-rise buildings. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2013. 190 p.
35. Samoshin D. A., Slyusarev S. V. Osobennosti individualnogo dvizheniya lyudey razlichnoy mobilnosti v obshchem potoke evakuiruyemykh iz zdaniya pri pozhare [Personality characteristics movements of people with different mobility in the general flow of evacuees out of building during fire]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti — Technology of Technosphere Safety*, 2015, no. 3(61), pp. 121–131.

For citation: Slyusarev S. V., Samoshin D. A. Parametry dvizheniya malomobilnykh detey dlya opredeleniya raschetnogo vremeni evakuatsii iz zdaniy s ikh massovym prebyvaniyem [Parameters of the movement children with limited mobility for definition of an evacuation time estimate from buildings with their mass stay]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 4, pp. 43–55. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.43-55.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ : монография.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 104 с. : ил.



Изложены современные подходы к нормированию площадей пожарных отсеков и раскрыты требования к ним. Предложен метод научно-технического обоснования размеров пожарных отсеков с учетом вероятностного подхода на основе расчета пожарного риска. Рассмотрены возможности расчета вероятностных показателей, используемых в разработанном методе. Представлены основные достижения в данном направлении отечественной и зарубежной науки; приведены сведения о положительных и отрицательных сторонах действующей системы технического регулирования.

Монография ориентирована на научных и инженерных работников, занимающихся вопросами проектирования противопожарной защиты зданий и сооружений, а также на научных и практических работников пожарной охраны, преподавателей и слушателей учебных заведений строительного и пожарно-технического профиля, специалистов страховых компаний, занимающихся вопросами оценки пожарного риска.

Монография рекомендуется к использованию при выполнении научно-исследовательских и нормативно-технических работ по оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, в том числе тех, на которые отсутствуют нормы проектирования, а также при проведении оценки страхования пожарных рисков.

Разработанный метод расчета может быть положен в основу технических регламентов и сводов правил в области строительства и пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru