

З. С. ХАСУЕВА, адъюнкт кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: zulikhan9586@mail.ru)

Д. А. САМОШИН, д-р техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

УДК 614.8-053.2

ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ БЕРЕМЕННЫХ ПАЦИЕНТОК УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ

Рассмотрена проблема обеспечения безопасной эвакуации при пожаре беременных пациенток учреждений родовспоможения. Получены количественные данные о процессе их эвакуации. Проведена обработка экспериментального видеоматериала. Полученные эмпирические данные обработаны с использованием методов математической статистики и теории людских потоков. Вычислены параметры, характеризующие зависимости между эмоциональным состоянием, скоростью и плотностью людского потока. Сделан вывод, что полученный массив данных позволит снизить риск гибели беременных женщин при пожаре за счет повышения точности расчетных оценок, связанных с обеспечением их безопасности.

Ключевые слова: процесс эвакуации; беременные женщины; параметры людского потока; маломобильные группы населения; учреждения родовспоможения.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.06.52-69

Введение

Снижение риска материнской и младенческой гибели, в том числе при пожаре, представляет собой одну из стратегических задач политики государства.

Согласно данным Минздрава РФ в нашей стране около 240 учреждений занимаются организацией лечебно-профилактических мероприятий, направленных на охрану здоровья женщин во время беременности, родов и в послеродовой период [1, 2].

Здания учреждений родовспоможения относятся к классу функциональной пожарной опасности Ф1.1. К этому же классу зданий относятся и детские дома, и дома престарелых. Исследования [3–7] показали, что процессы эвакуации детей, престарелых людей, инвалидов, людей с ограниченными возможностями значительно отличаются друг от друга. Общие для всей этой группы требования к эвакуационным путям и выходам [8] не позволяют гарантировать безопасность людей в случае возникновения пожара.

В настоящее время выделено четыре группы мобильности [9], однако беременные женщины ни к одной из них не отнесены [9] и параметры их движения не установлены. Не выявлены и особенности процесса их эвакуации при пожаре.

На основе экспериментальных исследований, проведенных в городских больницах [10], была разработана классификация людей с ограниченными

возможностями в зависимости от особенностей их передвижения и математически описаны параметры движения каждой из этих групп. Определено количество пациентов, относящихся к различным группам мобильности в отделениях больниц. В частности, для отделения гинекологии (включая родильное отделение) немобильные пациентки составили 10 %, а маломобильные — 7 %.

В статье коллектива иностранных ученых [11], занимающихся вопросами эвакуации, проанализирован ряд работ, опубликованных начиная с середины XX века. Благодаря анализу исследований, проведенных в различных странах, выявлено влияние на скорость движения людских потоков следующих факторов: возраста эвакуируемых, их физических габаритов (избыточного веса и ожирения), инвалидности [12–14].

Авторы считают, что действующие нормы, основанные на исследованиях однородных потоков людей, проведенных более 50 лет назад, не могут в полной мере обеспечить безопасность людей различных групп мобильности. Основанием для потери уверенности в данных является то, что с каждым годом возрастает доля людей, имеющих различные ограничения по здоровью.

Установлено [15], что беременность, особенно во второй половине срока, оказывает существенное влияние на двигательную активность женщины. Ребе-

нок начинает стремительно расти, следовательно, растет и масса тела, которая в норме должна увеличиться не более чем на 10–12 кг (но может и значительно больше). Вместе с этим растет и площадь горизонтальной проекции. Женскому телу необходимо компенсировать свои быстро меняющиеся биомеханические показатели. Например, у беременной женщины из-за перераспределения веса увеличивается осевая нагрузка на суставы конечностей. В работе [16] отмечается, что практически у всех женщин во время беременности диагностируются жалобы на нарушение функций опорно-двигательной системы. Более 80 % женщин жалуются на боли в ногах, преимущественно в области стоп. Эти особенности могут оказывать влияние на движение пациенток учреждений родовспоможения при их эвакуации в случае пожара. Таким образом, необходимо определить количественную меру такого влияния на организм беременной пациентки, для чего в период с 2015 по 2018 гг. проводились исследования в различных учреждениях родовспоможения.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- проведение исследований в перинатальных центрах и роддомах страны в два этапа: 1) натурные наблюдения для определения скоростей свободного движения беременных пациенток на различных участках пути; 2) экспериментальные исследования для определения зависимости скорости

движения беременных пациенток от плотности людского потока на различных участках пути;

- обработка полученных эмпирических данных с использованием методов математической статистики и теории людских потоков для определения зависимости скорости беременных пациенток от плотности людского потока и от их эмоционального состояния при движении по различным видам пути.

Эксперимент

Методика получения эмпирических данных для определения скорости свободного движения

На протяжении 2015–2016 гг. были проведены натурные наблюдения для определения скоростей свободного движения пациенток учреждений родовспоможения в одном из крупнейших перинатальных центров г. Москвы. Всего для рассматриваемой группы женщин было осуществлено около 700 замеров по горизонтальному виду пути, лестнице вниз, лестнице вверх. Наблюдения проводились в утреннее (с 8:00 до 11:00) и вечернее (с 16:00 до 19:00) время. Именно в эти периоды пациентки с наибольшей торопливостью либо направлялись на прием к врачу, либо возвращались домой. За 3 ч наблюдений представлялось возможным измерить скорости движения приблизительно 40 женщин. Для оценки были выбраны женщины в третьем триместре (7–9-й месяцы) беременности (рис. 1).

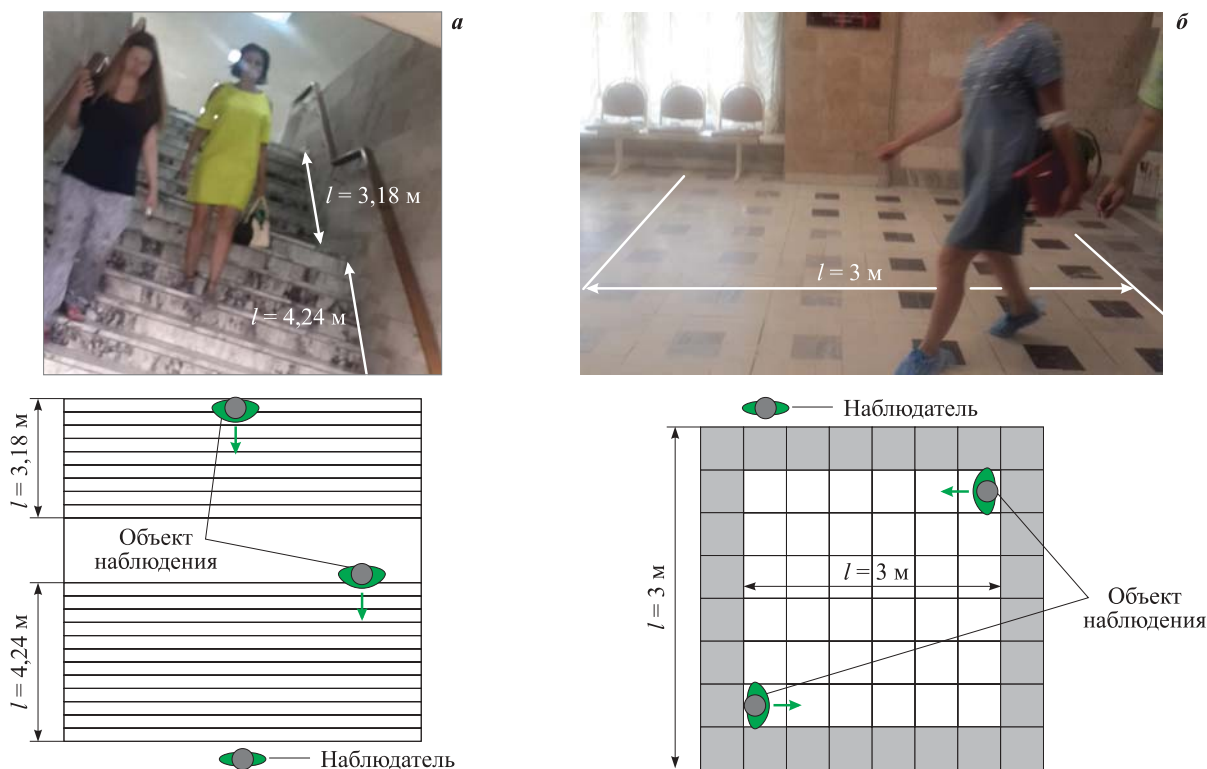


Рис. 1. Участки длиной l фиксации скоростей движения пациенток перинатального центра по лестнице вниз (а) и по горизонтальному участку пути (б)

Измерение скоростей свободного движения осуществлялось следующим образом:

- предварительно выбирались удобные для наблюдения участки пути и замерялись их протяженность и ширина;
- наблюдатель занимал место в конце участка наблюдения по ходу движения;
- отмечалось время преодоления выбранного участка с помощью секундомера и далее рассчитывалась скорость движения.

Методика получения эмпирических данных для определения скоростей движения пациенток в различных интервалах плотности

Основной функциональный контингент учреждений родовспоможения можно дифференцировать следующим образом:

- медперсонал;
- обслуживающий персонал;
- посетители;
- пациентки и новорожденные.

При рассмотрении способности к эвакуации при пожаре пациентов учреждения было выявлено, что не смогут покинуть здание без помощи медперсонала следующие группы пациенток:

- женщины в антенатальном периоде, имеющие медицинские противопоказания;



Рис. 2. Способы перемещения пациенток учреждений родовспоможения, имеющих ограничения по мобильности: *а* — на каталке; *б* — на кресле-коляске

- роженицы на втором и третьем этапах родов; родильницы после кесарева сечения и после естественных родов (до истечения определенного времени для восстановления сил — прекращения действия медицинских препаратов).

На рис. 2 представлены способы перемещения пациенток учреждений, имеющих ограничения по мобильности.

В то же время женщины в антенатальном периоде, не имеющие медицинских противопоказаний, роженицы на первом этапе родов, родильницы после кесарева сечения (через 6–12 ч) и после естественных родов (через 2–6 ч) способны самостоятельно покинуть здание (рис. 3).

Экспериментальные исследования движения людских потоков, состоящих из пациенток учреждений родовспоможения, для последующего определения параметров их движения осуществлялись в отделениях патологии и гинекологии.

Проведение эвакуации без предупреждения медперсонала и подготовки к ней пациенток крайне проблематично (а фактически невозможно) ввиду уязвимого психофизиологического состояния пациенток в ходе этого процесса в учреждениях родовспоможения. Именно поэтому все сотрудники и пациентки учреждения были заранее предупреждены и подготовлены к предстоящему эксперименту.

Экспериментальные исследования проводились в такой последовательности:

- 1) заранее были выбраны отделения, в которых будет организована эвакуация, проведены беседы с медперсоналом;
- 2) расставлены видеозаписывающие устройства с углом обзора не менее 120° на участках (коридор, проем, лестница) движения людского потока;
- 3) установлена масштабная сетка (с размером ячейки 1×1 м), с помощью которой фиксировались геометрические размеры участка пути.

По окончании подготовительных мероприятий включалась видеозаписывающая аппаратура (видео-



Рис. 3. Процесс движения пациенток учреждений родовспоможения, способных самостоятельно эвакуироваться: *а* — по горизонтальному виду пути; *б* — по лестнице вниз

регистраторы). Далее начинался процесс одновременной эвакуации беременных пациенток, которые не имели медицинских противопоказаний.

Следующим этапом исследования являлся анализ видеоматериалов. С помощью программы “Screen Marker” на экран компьютера были нанесены контуры масштабной сетки со снятого контрольного кадра. Далее проводился поккадровый просмотр видеоматериалов (см. рис. 2 и 3).

После входа пациентки в зону ячейки масштабной сетки длиной $\Delta l = 1$ м фиксировалось количество кадров до ее выхода из рассматриваемого участка пути. Определялась плотность потока на участке D (чел./м²).

При установленном режиме 1 секунда съемки включала 30 сменяемых кадров, что позволяло с большей точностью установить время Δt (мин) прохождения пациенткой зоны ячейки масштабной сетки — входа на рассматриваемый участок пути и выхода из него.

Далее рассчитывалась скорость $V_{пер}$ (м/мин) и интенсивность движения q_D (чел./м·мин):

$$V_D = \Delta l / \Delta t; \tag{1}$$

$$q_D = V_D D. \tag{2}$$

Статистическая обработка эмпирических данных

Полученные в ходе экспериментов данные подлежали статистической обработке, которая проводилась с использованием компьютерных программ Microsoft Excel и SPSS Software “Statistical Package for the Social Sciences”.

Тестирование эмпирической выборки на соответствие нормальному распределению — важнейший этап научного исследования. От результатов проверки гипотезы о нормальности распределения выборочной совокупности напрямую зависит выбор метода статистического анализа данных [17–19].

В ходе экспериментальных исследований в зависимости от числа пациенток в отделении и их медицинских показателей в коридоре формировался людской поток, который состоял максимум из 16 пациенток и имел плотность не более 4 чел./м². Таким образом, формировались малочисленные выборки в каждом интервале плотности. Для проверки гипотезы о нормальности закона распределения в данном случае применялся критерий Шапиро–Уилка (W), так как число наблюдений было менее 50 (при большем числе наблюдений критерий становится излишне жестким).

При проведении натурных наблюдений для определения скоростей свободного движения пациенток могли формироваться выборки численностью более 50, что позволяло применять критерий Колмо-

горова–Смирнова для проверки гипотезы о нормальном распределении выборочных совокупностей.

Далее проводилось сравнение независимых выборок из разных серий экспериментов на однородность с помощью параметрического критерия — t -критерия Стьюдента. Возможность его ошибочного применения исключается учетом наличия или отсутствия однородности дисперсий в исследуемых выборках с помощью F -критерия Фишера:

$$F = S_1^2 / S_2^2, \tag{3}$$

где S_1^2 — дисперсия меньшей выборки;

S_2^2 — дисперсия большей выборки.

При разном числе наблюдений и значений дисперсий t -критерий Стьюдента вычисляется следующим образом:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}}, \tag{4}$$

где \bar{X}_1, \bar{X}_2 — средние значения сравниваемых выборок;

n_1, n_2 — численность сравниваемых выборок.

Из выборок, однородность которых подтверждалась, формировалась общая совокупность статистических данных для построения зависимости между основными параметрами движения.

Для двух исследуемых выборок были получены следующие значения F -критерия Фишера и t -критерия Стьюдента (табл. 1).

Определялась достаточность количества полученных значений скоростей движения для того, чтобы они с наименьшей вероятностью ошибки (3–5 %) отражали основные характеристики генеральной совокупности, так как малое количество их в выборочных совокупностях может привести к ошибочным результатам. Для определения необходимого числа экспериментальных данных проводился расчет по формуле

$$n = (xv)^2 / \varepsilon^2, \tag{5}$$

где x — коэффициент доверительной вероятности

$P(0,96)$; $x = 2,06$;

v — значение меры изменчивости, %;

$v = (\sigma / \bar{X}) \cdot 100$ %;

ε — показатель точности исследований; $\varepsilon = 3 \div 5$ %.

Таблица 1. Значения критериев F и t для сравнения независимых выборок из разных серий экспериментов на однородность для их объединения при движении по горизонтальному виду пути

Номер выборки	Плотность D , чел./м ²			
	1–2		2–3	
	F	t	F	t
1	1,002	2,2	1,139	1,3
2				

Таблица 2. Скорость движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по горизонтальным путям и по лестницам

Интервал плотности D , чел./м ²	Количество наблюдений n	Математическое ожидание скорости $m(V)$, м/мин	Средне-квадратическое отклонение $\sigma(V)$, м/мин	95 %-ный доверительный интервал, м/мин	
				Нижняя граница	Верхняя граница
<i>Горизонтальный путь</i>					
0–1	380	55,2	10,2	54,2	56,2
1–2	55	46,3	6,9	44,4	48,2
2–3	38	37,0	4,9	35,4	38,6
3–4	10	26,6	1,5	25,6	27,7
<i>Лестница вниз</i>					
0–1	156	34,5	6,9	33,4	35,6
1–2	44	32,7	3,4	31,7	33,8
2–3	29	27,0	2,2	26,2	27,9
3–4	4	20,5	0,4	19,8	21,1
<i>Лестница вверх</i>					
0–1	155	31,3	5,6	30,4	32,1
1–2	29	29,6	2,5	28,7	30,6
2–3	61	22,7	2,3	22,1	23,3
3–4	17	18,8	1,5	18,0	19,6

К примеру, для горизонтального вида пути расчет необходимой численности скоростей свободно-го движения проводился следующим образом:

$$n = (2,06 \cdot 18,48)^2 / 4^2 = 90,58 \approx 91;$$

$$v = (10,2/55,2) \cdot 100 = 18,48 \%$$

На основе результатов расчетов установлена необходимая численность измерений, которая сопоставлялась с фактической.

Полученные скорости движения беременных пациенток учреждений родовспоможения в различных интервалах плотности по различным видам пути представлены в табл. 2.

Зависимость скорости свободного движения беременных пациенток от их эмоционального состояния

Следующим этапом исследования являлось шкалирование эмоциональных состояний для определения категорий движения и соответствующих им скоростей [20]. Для этого использовалась методика, разработанная в 80-х годах прошлого века (и многократно апробированная в дальнейшем) В. В. Холщевниковым [21], в основе которой лежит теория распределения крайних членов выборки на основе двойного показательного закона.

Отбор максимальных значений V_n в каждой из выборочных совокупностей в интервале плотности

Таблица 3. Данные для определения вероятностей максимальных скоростей движения беременных пациенток по различным видам пути

n	V_n	$P(V_n)$	X_n
<i>Горизонтальный вид пути</i>			
1	76,60	0,125	-0,73212
2	76,60	0,25	-0,32665
3	77,59	0,375	0,019339
4	80,72	0,5	0,366495
5	80,72	0,625	0,754997
6	82,19	0,75	1,245882
7	95,74	0,875	2,013401
<i>Лестница вниз</i>			
1	50,88	0,25	-0,32665
2	51,02	0,5	0,366495
3	60,19	0,75	1,245882
<i>Лестница вверх</i>			
1	44,68384	0,25	-0,32665
2	46,99507	0,5	0,366495
3	49,55844	0,75	1,245882

$D = 0 \div 1$ чел./м² проводился из условия $V_n > \bar{V} + 2\sigma(V)$ (где \bar{V} — математическое ожидание скоростей в выборке, м/мин; $\sigma(V)$ — стандартное отклонение, м/мин).

Далее определялись (табл. 3):

- эмпирическая вероятность крайних членов выборки $P(V_n)$:

$$P(V_n) = \frac{n}{\sum n + 1}; \tag{6}$$

- вероятность крайних членов выборки на основе двойного показательного закона:

$$P(V_n) = e^{-e^{-x_n}}; \tag{7}$$

- нормированное уклонение от моды кривой плотности распределения X_n с учетом эмпирических значений $P(V_n)$:

$$X_n = -\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405. \tag{8}$$

Далее строился график эмпирического распределения максимальных значений скоростей движения людей и соответствующих им вероятностей (рис. 4), которое было аппроксимировано линейной зависимостью вида

$$V_n = \alpha X_n + g, \tag{9}$$

где α, g — коэффициенты аппроксимации.

Тогда получим:

- для горизонтального пути:
- $$V_n = 6,335X_n + 78,42; \tag{10}$$

- для лестницы вниз:
- $$V_n = 6,118X_n + 51,40; \tag{11}$$

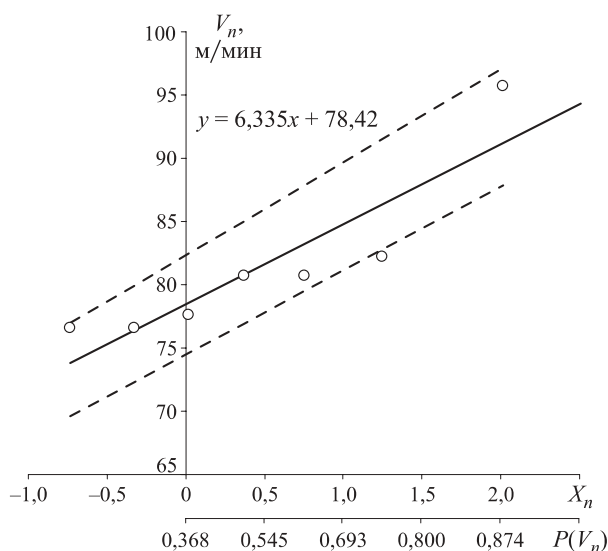


Рис. 4. Построение теоретической модели распределения максимальных значений скоростей движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по горизонтальному участку пути: ○ — значения максимальных членов выборки; --- — границы области при 5 %-ном уровне значимости

- для лестницы вверх:

$$V_n = 3,091X_n + 45,75. \quad (12)$$

С учетом того что нормированное отклонение от моды кривой плотности распределения X_n с учетом эмпирических значений $P(V_n)$ определяется по соотношению

$$X_n = -\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405, \quad (13)$$

выражение (9) будет иметь вид:

$$V_n = a(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + g. \quad (14)$$

Тогда при движении по рассматриваемым видам путей получаем соотношения:

- по горизонтальному пути:

$$V_n = 6,335(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + 78,42; \quad (15)$$

- по лестнице вниз:

$$V_n = 6,118(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + 51,40; \quad (16)$$

- по лестнице вверх:

$$V_n = 3,091(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + 45,75. \quad (17)$$

Перейти от максимальных значений к средним позволяет закон о невозможности превышения максимальным членом выборки ее удвоенного среднего значения:

$$V_0^3 = 0,5(g - a \cdot 0,83405) - 0,5a \ln[-\lg P(V_n)], \quad (18)$$

где V_0^3 — скорость свободного движения человека в зависимости от эмоционального состояния, м/мин.

Тогда получаем:

- для горизонтального пути:

$$V_0^3 = 0,5(78,42 - 6,335 \cdot 0,83405) - 0,5 \cdot 6,335 \ln[-\lg P(V_n)]; \quad (19)$$

- для лестницы вниз:

$$V_0^3 = 0,5(51,40 - 6,118 \cdot 0,83405) - 0,5 \cdot 6,118 \ln[-\lg P(V_n)]; \quad (20)$$

- для лестницы вверх:

$$V_0^3 = 0,5(45,75 - 3,091 \cdot 0,83405) - 0,5 \cdot 3,091 \ln[-\lg P(V_n)]. \quad (21)$$

На основе сформированного массива значений V_n были получены зависимости, связывающие скорости свободного движения V_0 (м/мин) по различным видам пути и эмоциональное состояние беременных пациенток \mathcal{E} [20]:

- по горизонтальному пути:

$$V_0^3 = 36,57 - 3,17 \ln[-\lg(0,1 + 1,284\mathcal{E})]; \quad (22)$$

- по лестнице вниз:

$$V_0^3 = 23,15 - 3,06 \ln[-\lg(0,1 + 1,284\mathcal{E})]; \quad (23)$$

- по лестнице вверх:

$$V_0^3 = 21,59 - 1,55 \ln[-\lg(0,1 - 1,284\mathcal{E})]. \quad (24)$$

Анализ зависимости показывает, что ее характер заметно меняется по мере роста величины \mathcal{E} , учитывающей степень психологической напряженности ситуации. В связи с этим необходимо решить задачу аргументированного обоснования значений \mathcal{E} для соотнесения скоростей движения с его категориями [22]. С этой целью каждая из зависимостей для различных участков пути (22)–(24) разбивалась на отрезки, каждый из которых описывался линейной, затем квадратичной и далее экспоненциальной зависимостью (рис. 5) Естественным критерием выбора точек, в которых функция меняет свои характеристики (и, следовательно, изменяется категория движения), является минимизация отклонения выбранной аппроксимации от изучаемой кривой. Иными словами, искомыми точками — это точки, в которых применительно к данной задаче коэффициент корреляции ниже 0,99. Решая задачу таким образом, устанавливали численные характеристики скорости свободного движения для различных категорий движения пациенток перинатального центра по различным участкам пути (табл. 4).

Дальнейшей задачей исследования являлось определение зависимости скорости движения людского потока, состоящего из беременных пациенток, от его плотности.

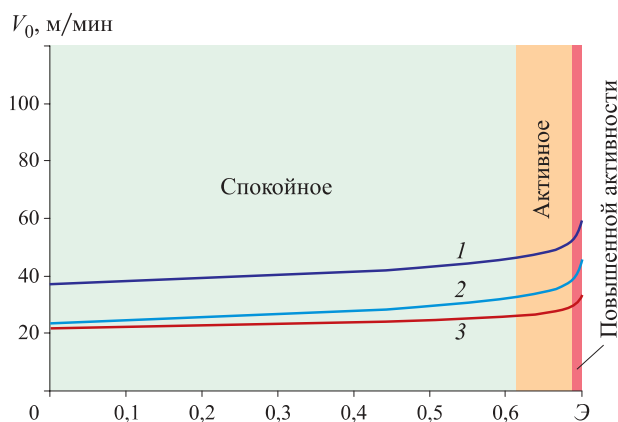


Рис. 5. Зависимость скорости свободного движения пациенток учреждений родовспоможения от степени психологической напряженности ситуации при движении по различным видам пути: 1 — по горизонтальному пути; 2 — по лестнице вниз; 3 — по лестнице вверх

Таблица 4. Скорости свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по различным видам пути при соответствующих категориях движения

Категория движения	Скорость свободного движения V_0 , м/мин, по участку пути		
	горизонтальному	лестнице вниз	лестнице вверх
Комфортное	Менее 36,6	Менее 23,1	Менее 21,6
Спокойное	36,6–45,5	23,1–31,7	21,6–25,9
Активное	45,5–52,6	31,7–38,7	25,9–29,4
Повышенной активности	52,6–60,2	38,7–46,0	29,4–33,1

Проблемой установления взаимосвязи между параметрами людских потоков занимались многие ученые, как российские, так и зарубежные. В США, Германии, Японии были проведены наблюдения, при которых определялись зависимости скорости от плотности людского потока [23–27], однако авторы этих работ не приводят теоретической аппроксимации полученных эмпирических данных. В работе [21] проф. В. В. Холщевниковым была установлена регрессионная зависимость, связывающая скорость движения людского потока V и его плотность D на основе обширного экспериментального материала, что признано международным научным открытием в области социальной психологии [28].

При превышении порогового значения плотности D_0 скорость свободного движения V_0 начинает уменьшаться в каждом интервале плотности на величину $\Delta V = V_0 - V_{D_j}$. Тогда относительное уменьшение скорости $R_{экс}$ составит:

$$R_{экс} = V_0 - V_{D_j} / V_0, \quad (25)$$

где V_{D_j} — скорость в интервале плотности, для которого определяется степень влияния внешнего фактора на сенсорную систему человека, м/мин.

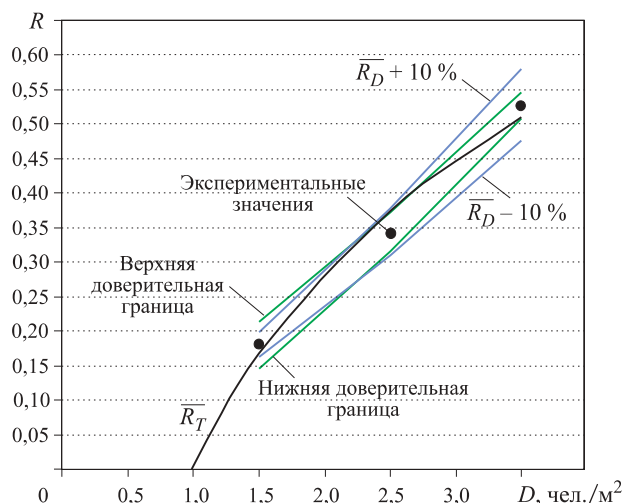


Рис. 6. Аппроксимация зависимости $R = f(D)$ для людского потока из беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении по горизонтальному пути

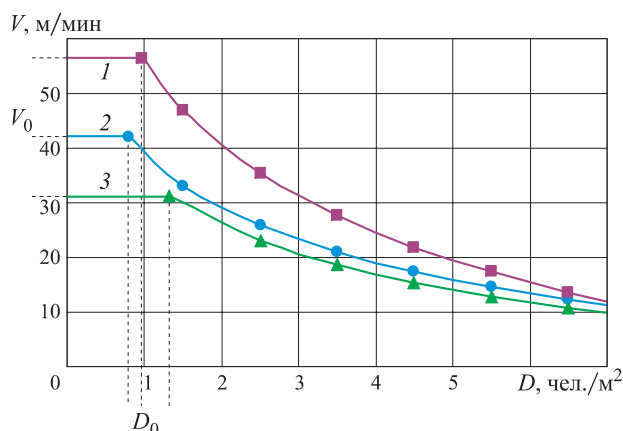


Рис. 7. Зависимость скорости движения беременных пациенток учреждений родовспоможения от плотности для различных видов пути: 1 — горизонтальный путь; 2 — лестница вниз; 3 — лестница вверх

Зависимость, построенная по эмпирическим данным, аппроксимируется теоретической функцией (рис. 6):

$$R_{D_j} = a \ln(D_j / D_0), \quad (26)$$

где a — коэффициент, определяющий степень влияния плотности потока при движении по j -му виду пути на скорость движения;

D_j — плотность людского потока, при которой определяется значение R_{D_j} .

Таким образом, на основании теоретического обобщения экспериментальных данных подтвержден вид общей зависимости [21] и установлены характеристики, отражающие влияние плотности на скорость людского потока, состоящего из беременных пациенток учреждений родовспоможения (рис. 7).

Формирующиеся у дверного проема людские потоки исследовались следующим образом. Определя-

Таблица 5. Средние значения интенсивности движения через проем беременных пациенток учреждений родовспоможения

Интервал плотности D , чел./м ²	Количество наблюдений n	Интенсивность q , чел./(м·мин)
1–2	36	84
2–3	23	90
3–4	9	96

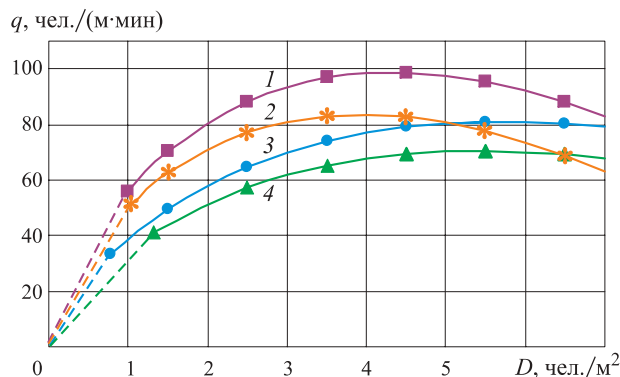


Рис. 8. Зависимость интенсивности движения беременных пациенток учреждений родовспоможения от плотности для различных видов пути: 1 — горизонтальный путь; 2 — проем; 3 — лестница вниз; 4 — лестница вверх

лась скорость движения V_D подходящего к границе дверного проема людского потока с установленной плотностью D (чел./м²):

$$V_D = l/t. \tag{27}$$

Затем рассчитывалась интенсивность движения (табл. 5):

$$q_D = V_D D. \tag{28}$$

Характерно, что по мере увеличения плотности людского потока интенсивность движения повышалась, а после достижения максимума падала (рис. 8).

Заключение

Согласно существующим нормам основной функциональный контингент учреждений родовспоможения относится к маломобильным группам населения. Однако беременные женщины не были отнесены ни к одной из существующих групп. Параметры их движения не были установлены, что не позволяло обеспечить безопасность беременных пациенток учреждений родовспоможения при пожаре.

В роддомах и перинатальных центрах страны были проведены натурные наблюдения и экспериментальные исследования движения людских потоков, состоящих из беременных женщин. В рамках данных исследований были выполнены замеры скоростей движения беременных пациенток в различных интервалах плотности по различным видам путей (горизонтальный путь, проем, лестница вниз, лестница вверх).

В результате статистической обработки и теоретического обобщения экспериментальных данных установлены скорости свободного движения беременных женщин при различных уровнях психологической напряженности ситуации, а также определены зависимости скорости движения людского потока от его плотности.

Полученный массив данных позволит снизить риск гибели беременных женщин при пожаре за счет повышения точности расчетных оценок, связанных с обеспечением их безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комментарий Минздрава России по вопросу доступности акушерских коек. URL: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2015/08/07/2480-kommentariy-minzdrava-rossii-po-voprosu-dostupnosti-akusherskih-koek> (дата обращения: 15.05.2018).
2. Проектирование перинатальных центров и других учреждений родовспоможения : метод. рекомендации 173-ПД/707 : утв. Минздравсоцразвития России от 18.12.2007. URL: http://snipov.net/c_4655_snip_114191.html (дата обращения: 20.05.2018).
3. Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Оценка мобильных качеств пациентов различных отделений городских клинических больниц // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2011. — Т. 20, № 12. — С. 42–44.
4. Холицевников В. В., Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Исследование проблем обеспечения пожарной безопасности людей с нарушением зрения, слуха и опорно-двигательного аппарата // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2013. — Т. 22, № 3 — С. 48–56.
5. Холицевников В. В., Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Эвакуация людей с физическими ограничениями // Технологии техносферной безопасности. — 2012. — № 3(43). — 5 с. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20356638_43803231.htm (дата обращения: 20.05.2018).
6. Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Оценка уровня противопожарной подготовки сотрудников медико-реабилитационного учреждения на примере персонала больниц // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2013. — Т. 22, № 4. — С. 52–56.

7. 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. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-3/43-03-15.ttb.pdf> (дата обращения: 15.05.2018).
8. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (в ред. от 09.12.2010). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071143> (дата обращения: 10.05.2018).
9. 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 02.12.2015). URL: <http://base.garant.ru/12169057/> (дата обращения: 20.05.2018).
10. Samoshin D. A., Istratov R. N. The parameters of pedestrian flows in hospital during fire evacuation // Proceedings of 13th International Conference “Interflam 2013”. — Royal Holloway College, University of London, UK, 2013. — P. 1003–1012.
11. Thompson P., Nilsson D., Boyce K., McGrath D. Evacuation models are running out of time // Fire Safety Journal. — 2015. — Vol. 78. — P. 251–261. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.09.004.
12. OECD. Obesity Update 2012. URL: <http://www.oecd.org/health/49716427.pdf> (дата обращения: 15.05.2018).
13. Ando K., Ota H., Oki T. Forecasting the flow of people // Railway Research Review. — 1988. — Vol. 45(2). — P. 8–14.
14. Boyce K. E., Shields T. J., Silcock G. W. H. Towards the characterization of building occupancies for fire safety engineering: capabilities of disabled people moving horizontally and on an incline // Fire Technology. — 1999. — Vol. 35, No. 1. — P. 51–67. DOI: 10.1023/A:1015339216366.
15. Кельмансон И. А. Перинатология и перинатальная психология : учеб. пособие. — СПб. : Изд-во “СпецЛит”, 2015. — 343 с.
16. Карапетян С. В. Клинико-биомеханическое обоснование совершенствования ортезирования при ортопедических последствиях беременности : дис. ... канд. мед. наук. — СПб., 2013. — 137 с.
17. Мамаев А. Н. Основы медицинской статистики. — М. : Практическая медицина, 2011. — 128 с.
18. Венцель Е. С. Теория вероятностей : учеб. пособие. — 11-е изд. — М. : КноРус, 2010. — 664 с.
19. Слюсарев С. В. Обработка результатов измерений параметров потоков маломобильных детей (часть 1) // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — № 6(64). — С. 120–127. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_26602669_51339852.pdf (дата обращения: 20.05.2018).
20. Хасуева З. С., Самошин Д. А., Фан Ан. Влияние эмоционального состояния беременных женщин на скорость их движения при эвакуации в случае пожара // Технологии техносферной безопасности. — 2016. — № 4(68). — С. 104–113. URL: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2016-4/2016-4.html> (дата обращения: 10.05.2018).
21. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. ... д-ра техн. наук. — М., 1983. — 486 с.
22. Самошин Д. А. Методологические основы нормирования безопасной эвакуации людей из зданий при пожаре : дис. ... д-ра техн. наук. — М., 2017. — 357 с.
23. Pauls J. The movement of people in buildings and design solutions for means of egress // Fire Technology. — 1984. — Vol. 20, No. 1. — P. 27–47. DOI: 10.1007/BF02390046.
24. Peschl I. A. S. Z. Doorstromingscapaciteit van deuropeningen bij panieksituaties [Flow capacity of door openings in panic situations] // Bouw. — 1971. — Vol. 26, No. 2. — P. 62–67 (in German).
25. Melinek S. J., Booth S. An analysis of evacuation times and the movement of crowds in buildings. — Borehamwood : Building Research Establishment, Fire Research Station, 1975.
26. Horiuchi S., Murozaki Y., Hokugo A. A case study of fire and evacuation in a multi-purpose office building, Osaka, Japan // Fire Safety Science. — 1986. — Vol. 1. — P. 523–532. DOI: 10.3801/iafss.fss.1-523.
27. Shao P.-C., Murosaki Y. Regional characteristics of urban evacuation. About evacuation pedestrian velocity // Second International Symposium on Human Behaviour in Fire. — Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology, 2001. — P. 511–520.
28. Холщевников В. В. Закономерности связи между параметрами людских потоков : диплом № 24–S на открытие в области социальной психологии // Научные открытия. — Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений, 2005. — С. 63–69.

Материал поступил в редакцию 24 мая 2018 г.

Для цитирования: Хасуева З. С., Самошин Д. А. Параметры движения людских потоков, состоящих из беременных пациенток учреждений родовспоможения // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 6. — С. 52–69. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.06.52-69.