

УДК 614.849

ВЛИЯНИЕ УКЛОНА ЛЕСТНИЦ НА ПРОЦЕСС ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ

Парфененко Александр Павлович¹, Брюхов Евгений Николаевич², Ларченко Валерий Александрович³

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация

² Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Российская Федерация

³ Управление надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Краснодарскому краю, г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. Неоднозначность результатов моделирования процессов эвакуации людей и сложности современных возможностей архитектурных и конструктивных решений зданий требуют детальной проработки каждого параметра движения людских потоков. Существующие методы оценки безопасной эвакуации людей не учитывают влияние уклона лестничных маршей на процесс эвакуации людей, т. е. невозможно обосновать принятый уклон лестницы расчетным путем, также стоит отметить отсутствие экспериментальных данных по параметрам движения людей по лестничным маршам, имеющим различный уклон. В то же время уклон существенно влияет на основные параметры движения людских потоков. В статье рассмотрены проблемы моделирования процесса эвакуации людей по лестницам с различным уклоном, а также приведены результаты научных исследований людских потоков по маршам и площадкам лестниц с различным уклоном. Представленные результаты получены в ходе статистической обработки эмпирических данных. Вместе с тем установлена зависимость между параметрами людского потока при движении по лестницам с разным уклоном. Для подтверждения валидности полученных зависимостей были проведены численный эксперимент и сопоставительный анализ, позволяющие выполнить моделирование процессов эвакуации людей по маршам с различным уклоном.

Ключевые слова: пожарный риск, эвакуация, уклон лестниц, людской поток, пожар, проектирование

Для цитирования: Парфененко А. П., Брюхов Е. Н., Ларченко В. А. Влияние уклона лестниц на процесс эвакуации людей // Техносферная безопасность. 2025. № 3 (48). С. 57–69.

THE EFFECT OF THE STAIR SLOPE ON THE EVACUATION PROCESS OF PEOPLE

Alexander P. Parfenenko¹, Evgeniy N. Bryukhov², Valery A. Larchenko³

¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

² Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russian Federation

³ Department of Supervision and Preventive Work of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Krasnodar Territory, Krasnodar, Russian Federation

Abstract. The ambiguity of the results of modeling the evacuation processes of people and the complexity of modern capabilities of architectural and design solutions for buildings require a detailed study of each parameter of the movement of human flows. Existing methods for assessing the safe evacuation of people do not take into account the influence of the slope of stairways on the evacuation process of people, that is, it is impossible to justify the adopted slope of the stairs by calculation, it is also worth noting the lack of experimental data on the parameters of people's movement along stairways with different slopes. At the same time, the slope significantly affects the main parameters of the movement of human flows. The article considers the problems of modeling the process of evacuation of people along stairs with different slopes, and also presents the results of scientific studies of human flows along flights and landings of stairs with different slopes. The presented results were obtained during statistical processing of empirical data. At the same time, a relationship was established between the parameters of the human flow when moving along stairs with different slopes. To confirm the validity of the obtained dependencies, a numerical experiment and comparative analysis were carried out, allowing for modeling the processes of evacuation of people along flights with different slopes.

Keywords: fire risk, evacuation, staircase slope, human flow, fire, design

For Citation: Parfenenko A. P., Bryukhov E. N., Larchenko V. A. The effect of the stair slope on the evacuation process of people // *Technospheric safety*. 2025. № 3 (48). pp. 57–69.

Введение

Оценка безопасности людей в зданиях и сооружениях опирается на соблюдение двух критериев: своевременность и беспрепятственность эвакуации [1, 2]. Беспрепятственность движения людских потоков достигается за счет достаточной пропускной способности эвакуационного пути или выхода, исключающей давку

(скопление) людей на продолжительное время (1). При этом соблюдение критерия беспрепятственности оценивается по времени существования скопления, которое не должно превышать 6 мин [3]. Если расчетное значение интенсивности движения людских потоков на участке q_i не превышает максимальное значение $q_{\max}$, то время движения по i -му участку пути проходит беспрепятственно.

$$q_i \leq q_{\max} \quad (1)$$

где:

q_i — интенсивность движения людского потока по рассматриваемому i -му участку пути, м/мин;

$q_{\max}$ — максимальное значение интенсивности движения людей, м/мин.

По Методике [3] значение $q_{\max}$ может быть равным:

- 16,5 м/мин (горизонтальный путь);
- 19,6 м/мин (дверные проемы);
- 16,0 м/мин (лестница вниз);
- 11,0 м/мин (лестница вверх).

При несоблюдении условия (1) время существования скопления оценивается по формулам Методики [3] с учетом пропускной спо-

собности участка пути, на границе которого образовалась давка.

Критерий своевременной эвакуации людей основан на сопоставительном анализе результатов моделирования распространения опасных факторов пожара (далее — ОФП) и эвакуации людей на опасных участках движения людских потоков, характеризующих быстрое наступление критических значений ОФП (2).

$$t_p + t_{н.э} < 0,8 t_{бл}, \quad (2)$$

где:

t_p — расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{н.э,j}$ — время начала эвакуации людей, определяемое в зависимости от функционального назначения здания и времени срабатывания пожарных извещателей, мин;

$t_{бл}$ — время блокирования эвакуационных путей и выходов ОФП, мин.

Чтобы получить параметры движения людских потоков по различным видам эвакуационных путей, следует определить зависимость скорости движения людского потока (при любых эмоциональных состояниях) от его плотности [4]:

$$V = V_0 \left(1 - a \ln \frac{D}{D_0} \right), \quad (3)$$

где:

V_0 — скорость свободного движения людей в первом интервале плотности в зависимости от категории движения, м/мин;

a — коэффициент, указывающий на тип эвакуационного пути;

D — фактическое значение плотности потока, чел./м².

Эмоциональное состояние людей определяет характер их движения и, соответственно, зависимость изменения скорости людских потоков от плотности. Значения коэффициентов V_0 , a и D_0 представлены в [3] для различных групп эвакуируемого контингента. Но, к сожалению, параметры движения людей по лестницам с различным уклоном в Методике [3] отсутствуют, что не позволяет достоверно оценить количественную картину процесса эвакуации людей по лестницам и лестничным клеткам

различного уклона для подтверждения требований ст. 53 [1] при несоблюдении требований пожарной безопасности [2].

Сбор и систематизация эмпирических данных

Анализ научной литературы, затрагивающей вопросы движения людских потоков [4–18], позволил обобщить и систематизировать полученные ранее результаты исследований. Для установления расчетных

зависимостей между скоростью движения и плотностью потока людей по лестницам с различным уклоном использовалась методология, неоднократно апробированная на международных конференциях [19]. Суть предложенного метода заключается в определении значений величин a_j и D_{0j}

(3) методом наименьших квадратов, который в свою очередь может быть применим в результате аппроксимации эмпирических значений R_{Dj} .

По формуле (4) для необходимого интервала плотности людского потока вычисляются эмпирические значения R_{Dj} :

$$R_{Dj} = \Delta V_{Dj} / V_{0j}, \quad (4)$$

где:

$\Delta V_{Dj} = m(V_{0j}) - m(V_{Dj})$, m — математическое ожидание скоростей движения V_{0j} и V_{Dj} , значения которых даны в табл. 1–4.

Таблица 1

Аппроксимация зависимости $R = f(D)$ при движении по лестнице вниз с уклоном 1 : 3,5

Table 1

Approximation of the dependence $R = f(D)$ when moving down stairs with a slope of 1 : 3,5

Статистические характеристики Statistical characteristics	Плотность людского потока, чел./м ² Density of human flow, people/m ²									
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10
Математическое ожидание скорости $m(V)$, м/мин Mathematical expectation of speed $m(V)$, m/min	55,51	44,8	34,19	25,66	18,88	13,64	9,84	7,47	6,34	5,85
Среднее значение $\bar{R}_D$ The average value	—	0,193	0,384	0,538	0,660	0,754	0,823	0,866	0,886	0,895

Таблица 2

Аппроксимация зависимости $R = f(D)$ при движении по лестнице вверх с уклоном 1 : 3,5

Table 2

Approximation of the dependence $R = f(D)$ when moving up the stairs upward with a slope of 1 : 3,5

Статистические характеристики Statistical characteristics	Плотность людского потока, чел./м ² Density of human flow, people/m ²									
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10
Математическое ожидание скорости $m(V)$, м/мин Mathematical expectation of speed $m(V)$, m/min	53,32	36,77	25,31	20,59	18,76	17,22	14,89	12,47	10,05	9,18
Среднее значение $\bar{R}_D$ The average value	—	0,31	0,525	0,614	0,648	0,678	0,721	0,766	0,803	0,825

Таблица 3

Аппроксимация зависимости $R = f(D)$ при движении по лестнице вниз с уклоном 1 : 1,5

Table 3

Approximation of the dependence $R = f(D)$ when moving down stairs with a slope of 1 : 1,5

Статистические характеристики Statistical characteristics	Плотность людского потока, чел./м ² Density of human flow, people/m ²									
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10
Математическое ожидание скорости $m(V)$, м/мин Mathematical expectation of speed $m(V)$, m/min	47,76	38,85	29,27	21,911	16,29	11,75	8,48	6,46	5,47	5,06
Среднее значение $\bar{R}_D$ The average value	—	0,187	0,387	0,541	0,659	0,754	0,822	0,865	0,886	0,894

Таблица 4

Аппроксимация зависимости $R = f(D)$ при движении по лестнице вверх с уклоном 1 : 1,5

Table 4

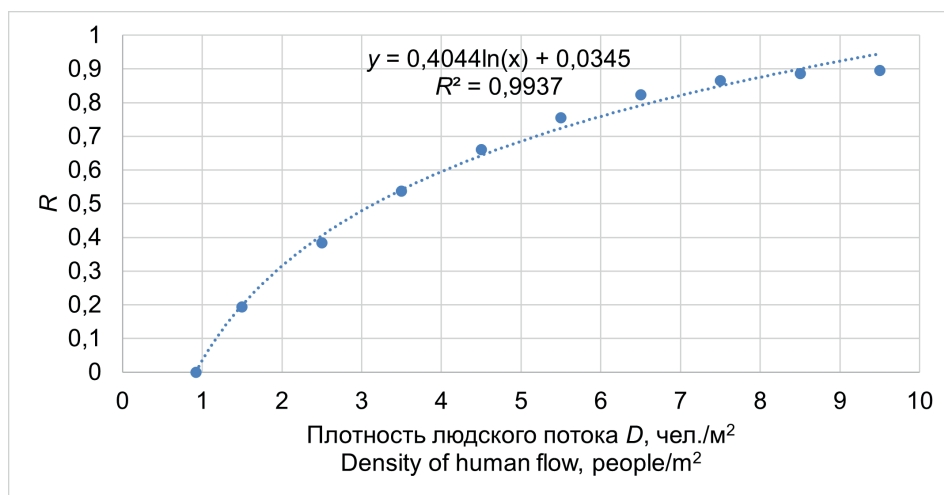
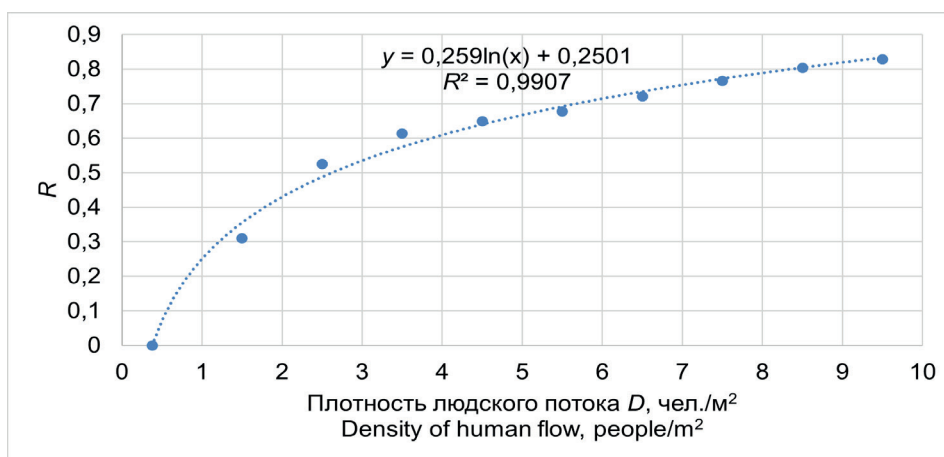
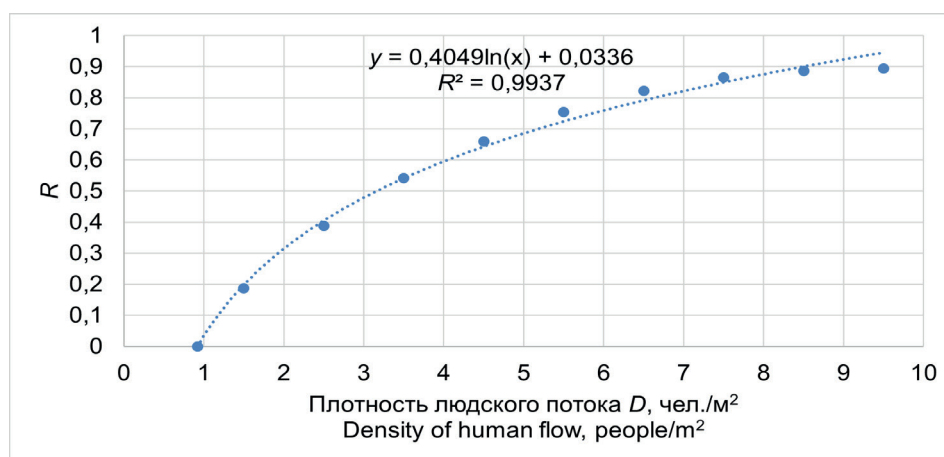
Approximation of the dependence $R = f(D)$ when moving up the stairs upward with a slope of 1 : 1,5

Статистические характеристики Statistical characteristics	Плотность людского потока, чел./м ² Density of human flow, people/m ²									
	0–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10
Математическое ожидание скорости $m(V)$, м/мин Mathematical expectation of speed $m(V)$, m/min	43,05	29,66	20,45	16,6	15,15	13,94	12,24	10,26	8,51	7,4
Среднее значение $\bar{R}_D$ The average value	—	0,311	0,525	0,615	0,648	0,676	0,716	0,761	0,802	0,828

Результаты выполненной аппроксимации показаны графиках (рис. 1–4). Статистическая обработка эмпирических данных позволила установить значения коэффициентов a_j и D_{0j} , которые приведены в табл. 5.

Угол наклона лестницы влияет на перемещение людей как при восходящем, так и при нисходящем движении. Данные, полученные в результате статистической обработки предыдущих эмпирических исследований, подтверждают этот вывод. Установленные путем аппроксимации

коэффициенты a_j и D_{0j} для случаев движения по лестнице вниз несущественно отличаются от величин, представленных в Методике [3]. Необходимо учесть, что полученные ранее эмпирические данные, характеризующие скорость движения людских потоков по лестницам с различным уклоном, соответствовали категории спокойного движения. При экстренной эвакуации следует брать во внимание уровень эмоционального состояния людей. Этот фактор заложен в величину V_0 , которая влияет на зависимость между параметрами движения людских потоков.

Рис. 1. Аппроксимирующая теоретическая зависимость R от плотности D (лестница вниз с уклоном 1:3,5)Fig. 1. Approximating the theoretical dependence of R on the density of D for stairs down with a slope of 1:3,5Рис. 2. Аппроксимирующая теоретическая зависимость R от плотности D (лестница вверх с уклоном 1:3,5)Fig. 2. Approximating the theoretical dependence of R on the density of D for stairs with an upward slope of 1:3,5Рис. 3. Аппроксимирующая теоретическая зависимость R от плотности D (лестница вниз с уклоном 1:1,5)Fig. 3. Approximating the theoretical dependence of R on the density of D for stairs down with a slope of 1:1,5

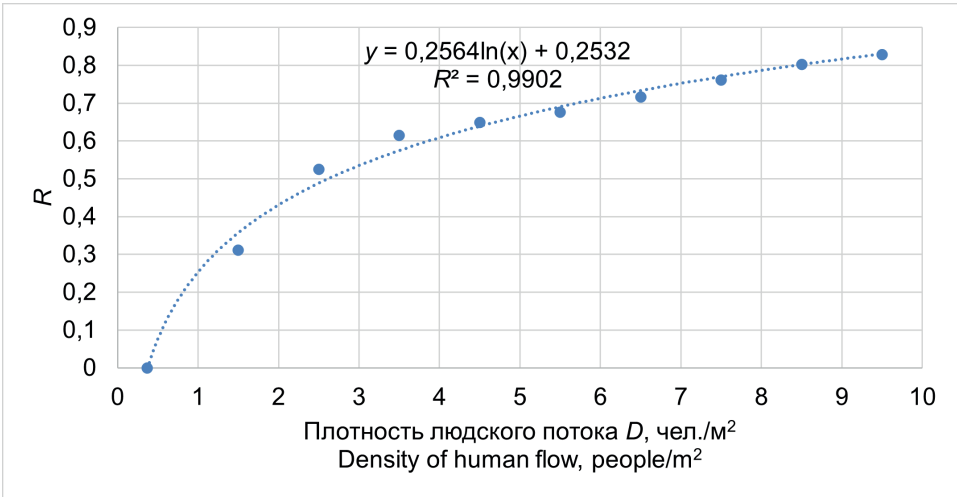


Рис. 4. Аппроксимирующая теоретическая зависимость R от плотности D (лестница вверх с уклоном 1 : 1,5)

Fig. 4. Approximating theoretical dependence of R on density of D for stairs up with a slope of 1 : 1,5

Таблица 5

Значения a_j и D_{oj} при движении людей по лестницам с различным уклоном

Table 5

The values of a_j and D_{oj} when people move up stairs with different slopes

Вид пути Type of path	Уклон The slope	a_j	D_{oj} чел./м² D_{oj} people/m²
Лестница вниз Stairs down	1 : 2 (Методика) 1:2 (Methodology)	0,4	0,89
	1 : 3,5	0,404	0,92
	1 : 1,5	0,405	0,92
Лестница вверх Stairs up	1 : 2 (Методика) 1 : 2 (Methodology)	0,305	0,67
	1 : 3,5	0,259	0,38
	1 : 1,5	0,257	0,38

Угол наклона лестницы влияет на перемещение людей как при восходящем, так и при нисходящем движении. Данные, полученные в результате статистической обработки предыдущих эмпирических исследований, подтверждают этот вывод. Установленные путем аппроксимации коэффициенты a_j и D_{oj} для случаев движения по лестнице вниз несущественно отличаются от величин, представленных в Методике [3]. Необходимо учесть, что полученные ранее эмпирические данные, характеризующие скорость движения людских потоков по лестницам с различным

уклоном, соответствовали категории спокойного движения. При экстренной эвакуации следует брать во внимание уровень эмоционального состояния людей. Этот фактор заложен в величину $V_{o\prime}$, которая влияет на зависимость между параметрами движения людских потоков.

Оценка влияния уклона лестниц на скорость свободного движения людей

Скорость свободного движения людских потоков изменяется в зависимости от уровня эмоционального состояния людей,

т. е. категории движения [19]. В Методике [3] в качестве расчетной скорости принята категория повышенной активности, что соответствует значению $V_0 = 100$ м/мин. Для анализа динамики изменения скорости свободного движения людских потоков по лестницам

с различным уклоном на рис. 5, 6 представлен график изменения V_0 в зависимости от уклона лестницы для категории спокойного движения с учетом данных, представленных в других литературных источниках [3, 7, 17].

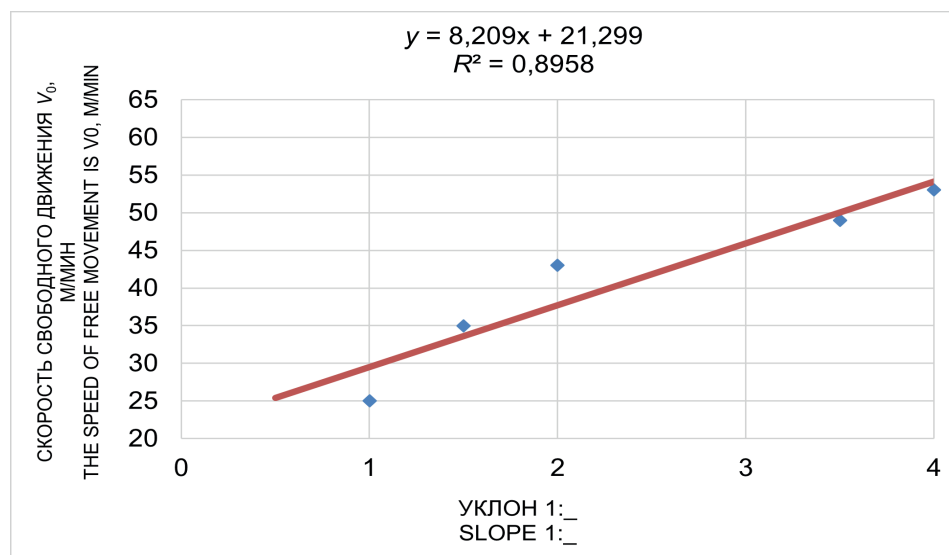


Рис. 5. Влияние уклона лестничного марша на скорость свободного движения людей по лестнице вверх

Fig. 5. The effect of the slope of the staircase on the speed of free movement of people up the stairs

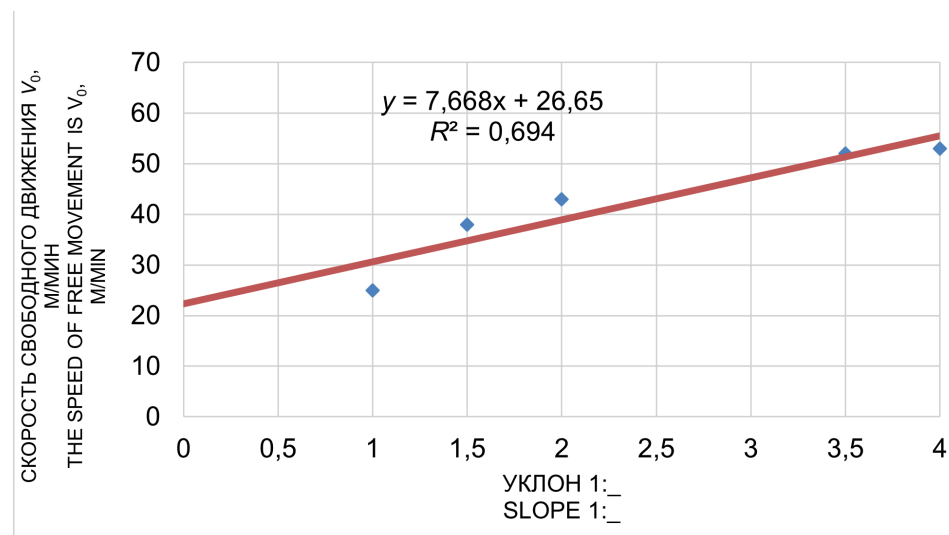


Рис. 6. Влияние уклона лестничного марша на скорость свободного движения людей по лестнице вниз

Fig. 6. The effect of the slope of the staircase on the speed of free movement of people down the stairs

Как видно из данных рис. 5, 6, уклон лестницы влияет на изменение скорости свободного движения людей и, как следствие, на процесс эвакуации. Скорость

свободного движения людей, например, по лестнице вниз с уклоном 1:1 почти в два раза ниже скорости движения по лестнице вниз с уклоном 1:2. Соответственно, чем

меньше уклон лестницы, тем люди быстрее пройдут наклонный участок эвакуационного пути. При этом не следует забывать и об оптимальных уклонах лестниц, которые дают возможность не только безопасно, но и комфортно передвигаться по ним.

При оценке планировочных решений объекта с точки зрения безопасности [1, 2] необходимо учитывать полученные параметры движения людских потоков, что позволит более точно и достоверно оценить вероятность эвакуации людей в случае возникновения пожара и величину индивидуального пожарного риска.

Моделирование процесса эвакуации людей по лестницам с различными уклонами

Исходные данные для моделирования

Численный эксперимент был осуществлен с помощью программы Pathfinder, которая предоставляет возможность интегрировать заданные зависимости при оценке времени эвакуации людей, используя индивидуально-поточную модель перемещения

людских потоков. Были построены упрощенные модели трех зданий с лестницами (рис. 7). Общее расчетное количество человек было принято 140. Агентам присваивались параметры движения по лестницам с различными уклонами, установленные после статистической обработки эмпирических данных [7, 17].

Результаты

Результаты численного эксперимента показали, что уклон лестницы влияет на расчетное время эвакуации людей. Анализ результатов показал, что при уклоне лестницы 1:1 расчетное время эвакуации составит 138 с, при уклоне 1:1,5 — 115 с, при уклоне 1:2 — 102 с и при уклоне 1:3,5 — 94 с. Плотность людского потока на лестницах находилась в диапазоне от 3 до 5 чел./м². При этом скорость людского потока составила 0,42–0,81 м/с.

Следует отметить, что моделирование эвакуации проводилось для простой модели здания, где рассматривалась эвакуация и слияние на лестнице 140 человек. На реальном объекте результаты могут значительно отличаться друг от друга.

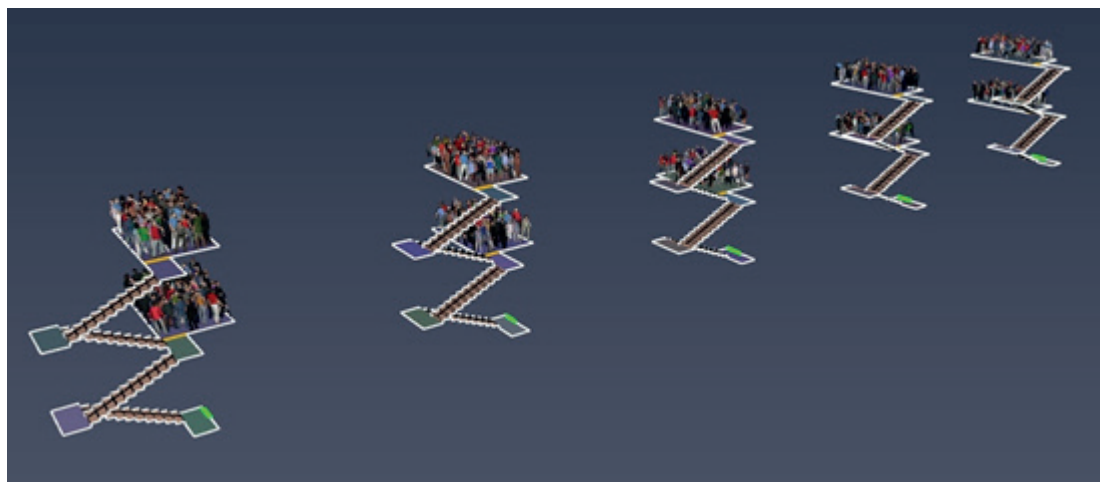


Рис. 7. Модель трехэтажного здания

Fig. 7. Model of a three-storey building

Заключение

Расчет индивидуального пожарного риска не может быть выполнен без оценки безопасной эвакуации людей при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений, которая должна включать большое количество аспектов, в т. ч. и особенности движения людских потоков по лестницам. Как уже отмечалось, действующая редакция Методики [3] не описывает параметры движения людских потоков при эвакуации по лестницам с различным уклоном.

Статистический анализ ранее полученных эмпирических данных позволил установить зависимость между скоростью и плотностью людского потока по эвакуационным путям с учетом уклона. При этом выявленные зависимость и параметры потока людей отличаются от данных, представленных в Методике [3], где при моделировании эвакуации по лестницам и лестничным клеткам

используются параметры движения людей по лестницам с уклоном 1 : 2.

Кроме того, рассчитанные коэффициенты a_j и D_{0j} дают возможность установить связь между скоростью и плотностью людского потока, принимая во внимание его эмоциональное состояние и интенсивность движения по лестницам с различным уклоном. Учет полученных результатов в практике проектирования объектов позволяет достоверно оценить пути эвакуации с точки зрения выполнения критериев своевременности и беспрепятственности [1].

В дальнейшем планируется проведение дополнительных экспериментальных исследований и натурных наблюдений в области движения людских потоков различного состава по лестницам с целью пополнения существующей эмпирической базы и выявления факторов, влияющих на качественную и количественную картину процесса эвакуации людей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон № 123-ФЗ : принят Государственной Думой 04.07.2008 : одобрен Советом Федерации 11.07.2008 // Гарант.ру : информационно-правовой портал. URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 24.10.2024).
2. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы : утв. приказом МЧС России от 19.03.2020 № 194 : введ. в действие 19.09.2020 // Консорциум Кодекс : электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://clck.ru/3NjnmJ> (дата обращения: 24.06.2025).
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности : утв. приказом МЧС России от 14.11.2022 № 1140 : зарег. в Минюсте РФ 20.03.2023 // Гарант.ру : информационно-правовой портал. URL: <https://clck.ru/34X4rc> (дата обращения: 10.04.2025).
4. Беляев С. В. Эвакуация зданий массового назначения. М., 1938. 72 с.

5. Милинский А. И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения : дис. ... канд. техн. наук. М., 1951. 178 с.
6. Калинин В. А. Проектирование залов кинотеатров с учетом движения людских потоков : дис. ... канд. техн. наук. М., 1966. 186 с.
7. Дувидзон Р. М. Проектирование спортивных сооружений с учетом движения людских потоков : дис. ... канд. техн. наук. М., 1968. 173 с.
8. Холщевников В. В. Оптимизация путей движения людских потоков. Высотные здания : дис. ... канд. техн. наук. М., 1969. 251 с.
9. Еремченко М. А. Движение людских потоков в школьных зданиях : дис. ... канд. техн. наук. М., 1978. 186 с.
10. Копылов В. А. Исследование параметров движения людей при вынужденной эвакуации : дис. ... канд. техн. наук. М., 1974. 145 с.
11. Wood P. G. The Behaviour of People in Fires // Fire Research Note. 1972. № 953.
12. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. ... д-ра техн. наук. М., 1983. 442 с.
13. Никонов С. А. Разработка мероприятий по организации эвакуации при пожарах в зданиях с массовым пребыванием людей на основе моделирования движения людских потоков : дис. ... канд. техн. наук. М., 1985. 318 с.
14. Холщевников В. В. Исследование людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре : монография. М., 1999. 93 с.
15. Larusdottir A. R., Dererichs A. S. Evacuation dynamics of children – walking speed, flow through doors in day care centers // Proceedings of the 5th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics/Gaithersburg (USA). 2010. pp. 67–79.
16. Bruck D., Tomas I. Community based research on the effectiveness of the home smoke alarm in waking up children // Proceedings of the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire / Cambridge (UK). 2009. pp. 335–344.
17. Истратов Р. Исследование параметров движения людей по пожарным лестницам // Пожарное дело. 2018. № 1. С. 13–15.
18. Самошин Д. А. Методологические основы нормирования безопасной эвакуации людей из зданий при пожаре : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2017. 357 с.
19. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И. Натурные наблюдения людских потоков. М., 2009. 191 с.

REFERENCES

1. Technical Regulations on Fire Safety Requirements : Federal Law № 123-FZ : adopted by the State Duma on 04.07.2008 : approved by the Federation Council on 11.07.2008 // Garant ru : information and legal portal. URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (date of application: 24.10.2024).
2. SP 1.13130.2020. Fire protection systems. Evacuation routes and exits : approved by Order № 194 of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 19.03.2020 : effective as of 19.09.2020 //

Codex : electronic fund of legal and normative-technical inform. URL: <https://clck.ru/3NjnmJ> (date of application: 24.06.2025).

3. Methodology for Determining Calculated Fire Risk values in Buildings, structures and Fire compartments of various functional fire hazard classes : approved by Order № 1140 of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation dated 14.11.2022 : registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 20.03.2023 // Garant.ru : information and legal portal. URL: <https://clck.ru/34X4rc> (date of application: 10.04.2025).

4. Belyaev S. V. Evacuation of mass buildings. M., 1938. 72 p.

5. Milinsky A. I. Study of the process of evacuation of mass buildings : Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree. M., 1951. 178 p.

6. Kalintsev V. A. Designing cinema halls taking into account the movement of human flows : Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree. M., 1966. 186 p.

7. Duvidzon R. M. Designing sports facilities taking into account the movement of human flows : Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree. M., 1968. 173 p.

8. Kholshchevnikov V. V. Optimization of the ways of movement of human flows. High-rise buildings : Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree. M., 1969. 251 p.

9. Eremchenko M. A. The movement of human flows in school buildings : Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree. M., 1978. 186 p.

10. Kopylov V. A. Investigation of the parameters of human movement during forced evacuation : Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree. M., 1974. 145 p.

11. Wood P. G. The Behaviour of People in Fires // Fire Research Note. 1972. № 953.

12. Kholshchevnikov V. V. Human flows in buildings, structures and on the territory of their complexes : doctoral dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. M., 1983. 442 p.

13. Nikonov S. A. Development of measures for the organization of evacuation in case of fires in buildings with a mass presence of people based on modeling the movement of human flows : Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree. M., 1985. 318 p.

14. Kholshchevnikov V. V. Research of human flows and methodology of rationing evacuation of people from buildings in case of fire : monograph. M., 1999. 93 p.

15. Larusdottir A. R., Dererichs A. S. Evacuation dynamics of children – walking speed, flow through doors in day care centers // Proceedings of the 5th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics/Gaithersburg (USA). 2010. pp. 67–79.

16. Bruck D., Tomas I. Community based research on the effectiveness of the home smoke alarm in waking up children // Proceedings of the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire / Cambridge (UK). 2009. pp. 335–344.

17. Istratov R. Investigation of the parameters of human movement on fire escapes // Fire fighting. 2018. № 1. pp. 13–15.

18. Samoshin D. A. Methodological foundations of rationing the safe evacuation of people from buildings in case of fire : doctoral dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. M., 2017. 357 p.

19. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Isaevich I. I. Field observations of human flows. M., 2009. 191 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Парфененко Александр Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (129337, Российская Федерация, г. Москва, Ярославское ш., д. 26); РИНЦ ID: 800496; Scopus Author ID: 57214086032; ResearcherID: AAP-2933-2020; ORCID: 0000 0001 7490 8773; e-mail: parf01@inbox.ru

Брюхов Евгений Николаевич, канд. пед. наук, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве Уральского института ГПС МЧС России (620062, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22); Author ID: 767262; e-mail: bryukhov@mail.ru

Ларченко Валерий Александрович, начальник отделения Управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Краснодарскому краю (350080, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Уральская, д. 121); e-mail: Larchenco@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aleksander P. Parfenenko, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Integrated Safety in Civil Engineering, National Research Moscow State University of Civil Engineering (26 Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Russian Federation); ID RISC: 800496; Scopus Author ID: 57214086032; ResearcherID: AAP-2933-2020; ORCID: 0000 0001 7490 8773; e-mail: parf01@inbox.ru

Evgeniy N. Bryukhov, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor of the Department of Fire Safety in Construction, Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia (22 Mira St., Ekaterinburg, 620062, Russian Federation); Author ID: 767262; e-mail: bryukhov@mail.ru

Valery A. Larchenko, Head of the Department of Supervision and Preventive Work of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Krasnodar Territory (121 Uralskaya St., Krasnodar, 350080, Russian Federation); e-mail: Larchenco@mail.ru

Поступила в редакцию 13.05.2025
Одобрена после рецензирования 02.06.2025
Принята к публикации 15.09.2025