

Д-р техн. наук, профессор
Московского государственного
строительного университета
В. В. Холщевников

УДК 614.841

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭВАКУАЦИИ В ПРОЕКТАХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Оценена возможность организации безопасной эвакуации людей при возникновении пожара в высотном здании с учетом требований МГСН 4.19–2005 “Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве”. Установлено, что не все планировочные решения обеспечивают беспрепятственную и своевременную эвакуацию людей с этажей, поэтому требуется устройство поэтажных пожаробезопасных зон. Отмечена необходимость учета присутствия на разных этажах людей, относящихся к маломобильным группам населения. Охарактеризованы условия движения людских потоков по эвакуационным лестницам. Оценено время эвакуации людей с этажей здания при использовании одной или двух лестничных клеток.

Эвакуация является процессом самозащиты людей от опасных для их жизни и здоровья воздействий чрезвычайных ситуаций. Поэтому эвакуация может быть стихийной и регулируемой, организованной. Но в одних случаях люди бегут от мнимой опасности, в других — предпочитают оставаться в своей квартире даже после начала пожара в здании [1]. Однако в любой ситуации необходимо обеспечить “возможность эвакуации людей независимо от их возраста и физического состояния наружу на прилегающую к зданию территорию до наступления угрозы их жизни и здоровью…” [2, п. 4.1].

Объемно-планировочные и технические решения конструкций и инженерных систем здания должны позволить реализовать “своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей” [2, п. 6.1]. Развивая эти положения, нормы и правила проектирования высотных зданий устанавливают, что система управления эвакуацией людей при чрезвычайных ситуациях должна “предусматривать варианты эвакуации в зависимости от места возникновения и характера чрезвычайной ситуации. Для каждого варианта необходимо производить расчеты для проверки выполнения условий своевременной и беспрепятственной эвакуации” [3, п. 6.10]. Эти часто употребляемые термины в МГСН 4.19–2005 конкретизируются:

- своевременность эвакуации людей обеспечивается, если на каждом i-м участке эвакуационного пути вероятность P максимального значения расчетного времени эвакуации $t_{эв.i}$ с него последнего человека выше вероятности минимального расчетного значения необходимого времени $t_{нв.i}$ эвакуации с него людей;
- беспрепятственность эвакуации обеспечивается, если людской поток при своем движении по участкам пути не встречает механических препятствий и его величина Q_i, чел./мин, не превосходит пропускной способности $П_i$, чел./мин, поперечных сечений участков пути.

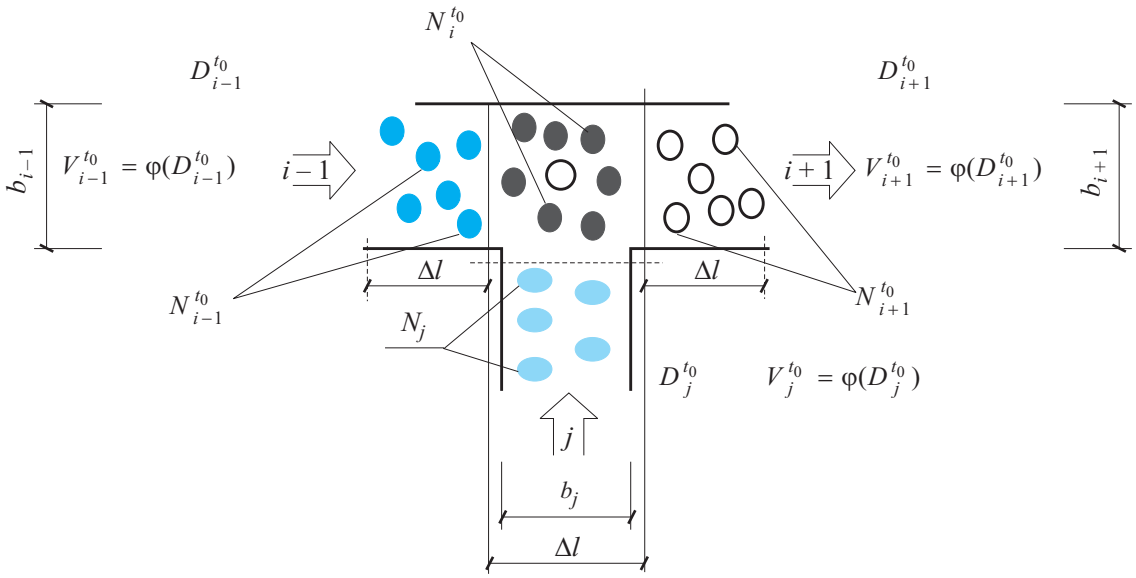
Далее в МГСН [3, п.п. 16.2.8–16.2.10] приводится модель, которая дает наиболее адекватное воспроизведение реальной динамики движения людского потока (рис. 1). Ее реализация требует массы расчетных операций и для этого разработан комплекс компьютерных программ “Анализ Движения Людских Потоков, Вероятность” (ADLPV-2v). Однако многие проблемы выполнения в проекте требований обеспечения беспрепятственности и своевременности эвакуации можно оценить, так сказать, и “невооруженным глазом”, простейшими расчетами. Первые появившиеся результаты проектирования высотных зданий в Москве позволяют продемонстрировать сказанное на реальной подоснове для того, чтобы понять, насколько в них соблюдаются требования МГСН 4.19–2005 и других нормативных документов.

На рис. 2 приведен пример плана этажа, скажем, 80-этажного офисного здания, обобщающий знако-

мые для многих очертания некоторых зданий ММДЦ “Москва–Сити”. Остальные данные взяты без изменений из реальных проектов. Для эвакуации людей с этажей предусмотрены две лестницы с шириной маршей 1,2 м в незадымляемых лестничных клетках типа Н-2, ширина дверных проемов эвакуационных выходов в них с этажа составляет 0,9 м. На этаже предполагается свободная планировка оборудования и мебели без определенного разделения на помещения. Высота этажа — 3,7 м, следовательно, длина пути по лестнице между этажами составляет 11,1 м. По высоте здание делится

Момент времени t_0

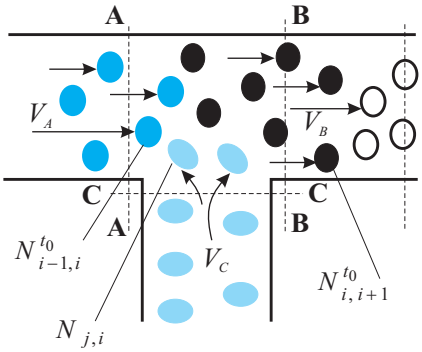
$$D_i^{t_0} = N_i^{t_0} / b_i\,\Delta l$$



Момент времени $t_1 = t_0 + \Delta t$

$$D_i^{t_1} = (N_i^{t_1} - N_{i,i+1}^{t_1} + N_{i-1,\,i}^{t_1} + N_{j,i}^{t_1}) / b_i\,\Delta l\,;\quad V_i^{t_1} = \varphi(D_i^{t_1})$$

$$V_A^{t_0} = \begin{cases} V_{i-1}^{t_0}, & \text{если } D_i^{t_0} < D_{q_{\max}} \\ V_i^{t_0}, & \text{если } D_i^{t_0} > D_{q_{\max}} \end{cases}$$



$$V_B^{t_0} = \begin{cases} V_i^{t_0}, & \text{если } D_{i+1}^{t_0} < D_{q_{\max}} \\ V_{i+1}^{t_0}, & \text{если } D_{i+1}^{t_0} > D_{q_{\max}} \end{cases}$$

$$V_C^{t_0} = \begin{cases} V_j^{t_0}, & \text{если } D_i^{t_0} < D_{q_{\max}} \\ V_i^{t_0}, & \text{если } D_i^{t_0} > D_{q_{\max}} \end{cases}$$

$$N_i^{t_0} - N_{i,i-1}^{t_1} = N_i^{t_0}(1 - V_B^{t_0}\,\Delta t/\Delta l)\,;\quad N_{i-1,i}^{t_1} = N_{i-1}^{t_0} V_A^{t_0}\,\Delta t/\Delta l\,;\quad N_{j,i}^{t_1} = D_j^{t_0}\,b_j\,V_C^{t_0}\,\Delta t$$

Доля участия при образовании скопления на участке i:

$$\Delta N_{i-1}^{t_1} / \Delta N_j^{t_1} = P_{i-1}^{t_1} / P_j^{t_1} = D_{i-1}^{t_1} V_{i-1}^{t_1} b_{i-1} / D_j^{t_1} V_j^{t_1} b_j$$

Рис. 1. Изменение состояний людского потока в последовательные моменты времени

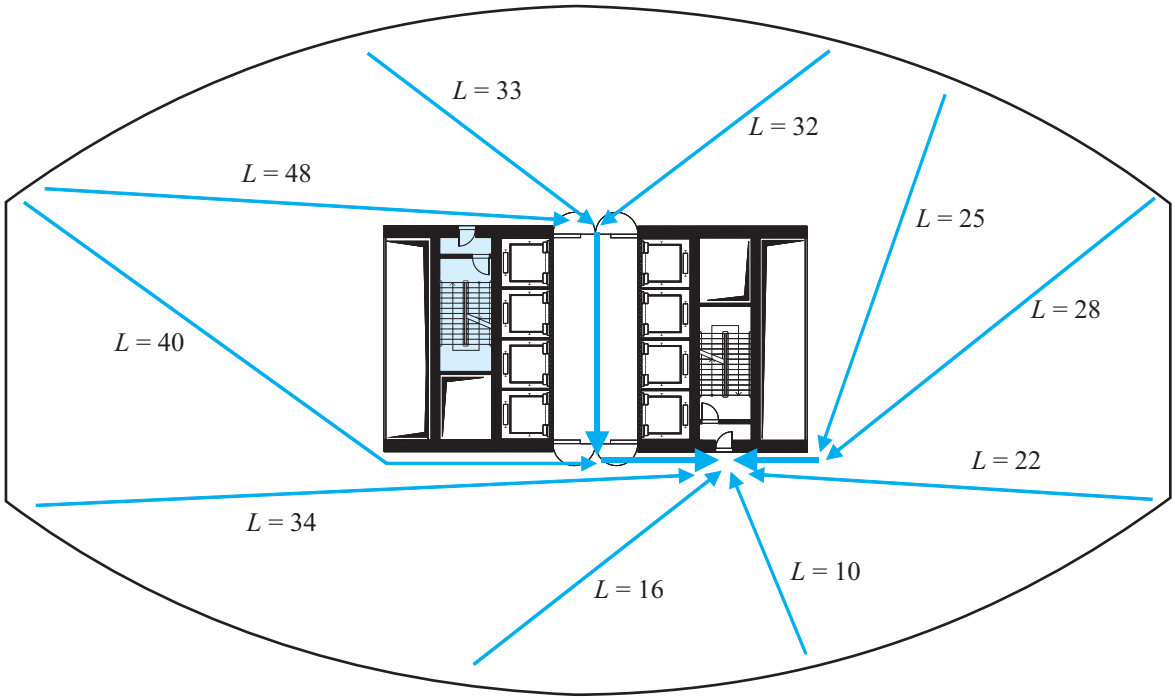


Рис. 2. Схема плана этажа высотного здания с указанием кратчайших маршрутов эвакуации при свободном движении людей

на пожарные отсеки техническими этажами с требуемыми значениями REI перекрытий. На технических этажах предусмотрены пожаробезопасные зоны в виде помещений площадью около 40 м^2, примыкающих к лестничным клеткам.

Из многочисленных чрезвычайных ситуаций, когда может потребоваться эвакуация людей из здания [3], рассмотрим пожар.

В общем случае эвакуация людей из здания происходит в четыре этапа [4]: из помещения, с этажа в лестничную клетку, по лестнице до выхода на прилегающую территорию, по территории вне зоны опасности обрушения. При этом помещением является вся полезная площадь рассматриваемого этажа. Количество людей на этаже не задано, поэтому определим его, исходя из расчетной нормы полезной площади на одного человека. Согласно п. 10.4 МГСН [3] она колеблется в довольно широких пределах: от 8 до 12 м^2/чел. Полезная площадь этажа составляет около 2000 м^2, поэтому на этаже может находиться от 167 до 200 чел. В соответствии с требованиями п. 14.21 МГСН: “При определении параметров путей эвакуации расчетное количество людей в здании или помещении необходимо увеличивать против проектной вместимости в 1,25 раза”, следовательно, оно может составить от 209 до 250 чел.

При свободной расстановке оборудования движение людей при эвакуации будет осуществляться по проходам, площадь которых не менее 1,5–2,0 м^2 на каждого эвакуирующегося. Поэтому плотность людских потоков при движении по ним составит около 0,5 чел./м^2, т.е. движение людей на этом этапе эвакуации будет происходить с максимальной скоростью, составляющей в среднем 100 м/мин (табл. 16.2.2 МГСН 4.19–2005; табл. 2 ГОСТ 12.1.004–91* “Пожарная безопасность. Общие требования”). Вероятный интервал скорости равен 85–115 м/мин (при $3\sigma = 15$ м/мин).

Лестничные клетки расположены в плане симметрично, поэтому по каждой из них вероятна эвакуация до 125 чел. Однако существует требование: “При устройстве двух эвакуационных выходов каждый из них должен обеспечивать безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в здании. При наличии более двух эвакуационных выходов безопасная эвакуация всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании, должна быть обеспечена всеми эвакуационными выходами, кроме каждого одного из них” [2, п. 6.15]. Более доступно это требование изложено еще в 1938 г.: “При ограниченных размерах и значительном числе этажей основным элементом эвакуационных путей служат лестницы, — в количестве, по общему принципу безопасности, не менее двух — устроенные так, чтобы частичное или полное задымление одной, не распространялось на другую. Поэтому при наличии нескольких лестниц эвакуация рассчитывается при условии исключения из пользования одной лестничной клетки” [4, с. 62].

Таким образом, расчетным вариантом является эвакуация всего населения этажа ($N_{эт}$ = 250 чел.) через одну из лестничных клеток. Максимальное значение расчетного времени движения от наиболее удаленного места расположения человека при начале эвакуации до выхода в лестничную клетку в этом случае, как видно из схем на рис. 2, составляет:

$$\max t_{р.эт} = 48/85 = 0{,}56 \text{ мин.}$$

Следовательно, средняя величина людского потока

$$Q_0 = N_{эт}/t_{р.эт} = 446 \text{ чел./мин.}$$

Но пропускная способность выхода шириной b_0 = 0,9 м составляет

$$П_0 = q_{\max} b_0 = 196 \cdot 0{,}9 = 176 \text{ чел./мин,}$$

где $q_{\max}$ = 196 чел./(м·мин) — максимально возможное расчетное значение (среднее) интенсивности движения людского потока через проем, вычисленное по данным табл. 16.2.2 МГСН 4.19-2005 [3] или определенное по табл. 2 ГОСТ 12.1.004–91*. Поэтому проем не может пропустить за 0,56 мин всех людей, подходящих к нему за это время. В результате перед ним часть людей задерживается, образуется скопление и беспрепятственность эвакуации нарушается.

Как в этом случае происходит движение людского потока через проем? Об этом давно написано в учебниках и учебных пособиях. В начальный момент времени в связи с увеличивающимся количеством людей, одновременно подходящих к проему, его пропускная способность будет возрастать от 0 до максимально возможной. Затем, когда величина потока превысит пропускную способность проема, перед ним через 6–7 с [5] образуется скопление с максимальной плотностью, в котором давление людей друг на друга достигает таких величин, что они не могут вырваться из “арок”, образующихся из их тел перед проемом [6]. Пропускная способность проема резко падает. Чем шире проем, тем меньшую кривизну имеет образовавшаяся перед ним арка и тем легче она разрушается. Поэтому интенсивность движения людей через проем при максимальной плотности зависит от его ширины и в нормах определяется по формуле [7]:

$$q_0 = 10\,(2{,}5 + 3{,}75 b_0), \text{ чел./(м·мин).}$$

Ее значение при b_0 = 0,9 м составит 59 чел./(м·мин), а пропускная способность $П_0$ = 52 чел./мин. Следовательно, расчетное время эвакуации людей с этажа при такой пропускной способности проема

$$t_{р.эт} = N_{эт}/П_0 = 125/52 = 2{,}4 \text{ мин,}$$

а не 0,48 мин, если бы была обеспечена беспрепятственность движения через проем и далее по маршруту эвакуации.

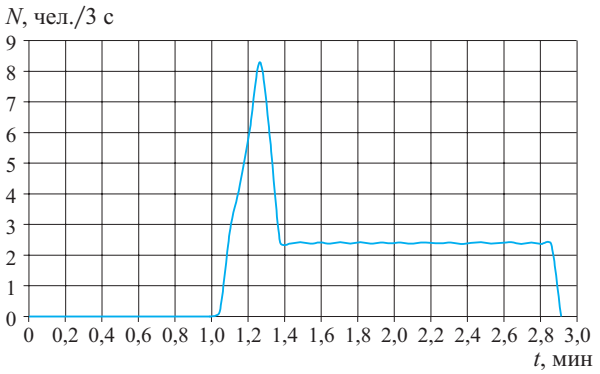


Рис. 3. Анализ динамики выхода людей через дверной проем шириной 0,9 м при числе эвакуирующихся людей 96 чел.

Очевидно, что при изменении количества людей, эвакуирующихся с этажа, ход такого экспресс-расчета не меняется. Так, например, при значении времени начала эвакуации $t_{н.э}$ = 1 мин и числе эвакуирующихся с этажа 96 чел. общее время эвакуации составит: $t_{эв.эт} = t_{н.э} + t_{р.эт} = 1 + 96/52 = 2{,}85$ мин. Результаты расчета динамики эвакуации этого варианта по сертифицированной программе ADLPV-2v приведены на рис. 3.

Для того чтобы обеспечить беспрепятственное движение людского потока через дверной проем выхода в лестничную клетку, его ширина должна быть не менее

$$b_0 = N_{эт}/(t_р \cdot q_{0,\max}) = 125/(0{,}48 \cdot 196) \approx 1{,}33 \text{ м.}$$

Округляя до ближайшего модульного размера, определяем, что ширина выхода “в свету” должна быть 1,4 м. При такой ширине проемов, как показывают натурные наблюдения и эксперименты, арки из человеческих тел не образуются, быстро разрушаясь даже при максимальной плотности потока.

Но что будет происходить на лестнице при различной интенсивности выхода q_0 на нее людей с этажа, определяемой шириной проема?

Интенсивность движения людского потока по лестнице $q_л$, как на последующем участке пути, определяется по формуле (написано в учебниках и ГОСТ 12.1.004–91*):

$$q_л = q_0 \cdot b_0/b_л.$$

Следовательно: 1) при b_0 = 0,9 м имеем $q_л$ = = 44,2 чел./(м·мин); 2) при b_0 = 1,4 м — $q_л$ = = 228,7 чел./(м·мин), что превышает $\max q_л$ = = 128 чел./(м·мин). В первом случае движение по лестнице ($b_л$ = 1,2 м) будет происходить при плотности потока $D_л$ = 0,5 чел./м^2 со скоростью $V_л$ = = 80 м/мин. Во втором случае перед маршем спуска по лестнице из-за его недостаточной пропускной способности образуется максимальная плотность

потока (нарушается беспрепятственность движения по лестнице). Поскольку скопление людей происходит на лестничной площадке, то оно распространяется и на проем, захватывая и участок этажа перед ним. Поскольку интенсивность движения по лестнице вниз при максимальной плотности ($q_{л\ при\ D_{max}}$) составляет 57,6 чел./(м·мин), то время выхода людей с этажа на лестницу $t_{л.эт}$ в этом случае составит

$$t_{л.эт} = t_{р.эт} + N_{эт}/(b_л \cdot q_{л\ при\ D_{max}}) =$$
$$= 0{,}48 + 125/(1{,}2 \cdot 57{,}6) = 2{,}29 \text{ мин.}$$

Таким образом, если необходимое время эвакуации с этажа составляет 2 мин или менее, то ни в первом, ни во втором случае не удается при принятых планировочных решениях обеспечить беспрепятственную и своевременную эвакуацию людей с этажа. Следовательно, необходимо устройство поэтажных пожаробезопасных зон. В представленном объемно-планировочном решении их нет, поэтому безопасность людей на этом этапе эвакуации не обеспечена.

Пожаробезопасные зоны предусмотрены лишь на технических этажах. Спрашивается: для кого же они предназначены? Из пояснительной записки к проекту можно сделать вывод, что, оказывается, для инвалидов, якобы в соответствии с требованиями СНиП 35-01–2001 “Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения”. И в самом деле, согласно п. 3.45 этих СНиП, “если по проекту невозможно обеспечить эвакуацию МГН за необходимое время, то для их спасения на путях эвакуации следует предусматривать пожаробезопасную зону…”, ее площадь “должна быть рассчитана на всех инвалидов, оставшихся на этаже” (п. 3.46) и “необходимое число лифтов n, доступных для инвалидов и используемых для их спасения в случае пожара в здании, определяется по формуле: $n = T_p/T_{сп}$, где T_p — расчетное время спасения одним лифтом, с; $T_{сп}$ — допустимое время спасения, равное 10 мин” (п. Б.1). Отсюда очевидно, что СНиП предусматривают пожаробезопасную зону на каждом этаже, на котором могут находиться люди, относящиеся к маломобильным группам населения, а не по одной на весь вертикальный пожарный отсек, до которой инвалиды с этажей и не могут добраться. Или авторы предполагают, что все инвалиды в их зданиях будут работать только на технических этажах?

Посмотрим, что же будет происходить на лестницах, после того как люди сумели выбраться из “пробок”, образовавшихся перед выходами с этажей или на лестничных площадках перед маршами лестниц. В первом случае люди, двигаясь вниз по лестнице со скорость 80 м/мин, очень быстро (через 0,14 мин) достигают площадки нижерасположенного этажа, на которую уже вышел людской поток с этого этажа. Происходит слияние людских потоков и образуется общий поток (формула (12) ГОСТ 12.1.004–91*), имеющий интенсивность движения $q_{л2} = 2q_{л1} = 88{,}5$ чел./(м·мин), плотность $D_{л2} = 1{,}4$ чел./м^2 и скорость $V_{л2} = 67$ м/мин. Время его слияния с потоком с еще более низко расположенного этажа составит 0,17 мин. Таким образом, через 0,31 мин на уровне каждого третьего этажа, нижерасположенного, на лестнице возникают потоки, образующиеся от слияния потоков с трех этажей. Интенсивность их движения должна бы быть равной $q_{л3} = 3q_{л1} = 132{,}75$ чел./(м·мин), величина которой, однако, больше возможной при движении по лестнице вниз (128 чел./(м·мин)). Следовательно, на лестничной площадке этого этажа образуется людской поток с максимальной плотностью, который пополняется людьми, подходящими с верхних этажей. Он блокирует своей массой и выход людей с этажа, на лестничной площадке которого он образовался. В результате время выхода людей с данного этажа увеличивается еще больше. Спустя некоторое время практически вся лестничная клетка заполняется людьми с максимально возможной плотностью размещения. При этой плотности они могут спускаться со скоростью всего лишь 6,5 м/мин.

Аналогичная ситуация складывается и во втором случае. Здесь люди, вырвавшиеся из скопления перед границей лестничного марша, имеют перед собой свободный путь движения. Они продолжают двигаться с прежней интенсивностью, но уже при плотности 0,75 чел./м^2 со скоростью 77 м/мин. Через 0,15 мин они достигают площадки нижерасположенного этажа, на которой уже образовалось скопление людей. Они пополняют его, задерживая тем самым окончание выхода с этажа.

Наглядное воспроизведение динамики образования плотностей людского потока на лестнице демонстрирует модель МГСН 4.19–2005, представленная на рис. 4 и реализованная программным комплексом ADLPV-v2 на примере 10-этажного блока этажей.

Представление о влиянии скоплений на лестнице на значения расчетного времени эвакуации с этажей высотного здания можно составить по данным таблицы. Эти результаты также дают возможность оценить влияние загруженности лестничных клеток на величину расчетного времени эвакуации людей с этажей. Распределение вероятных значений расчетного времени эвакуации из такого блока этажей дает гистограмма на рис. 5. Она построена при вероятных значениях параметров людских потоков [3, табл. 16.2.2], определяемых закономерностью связи между ними [8].

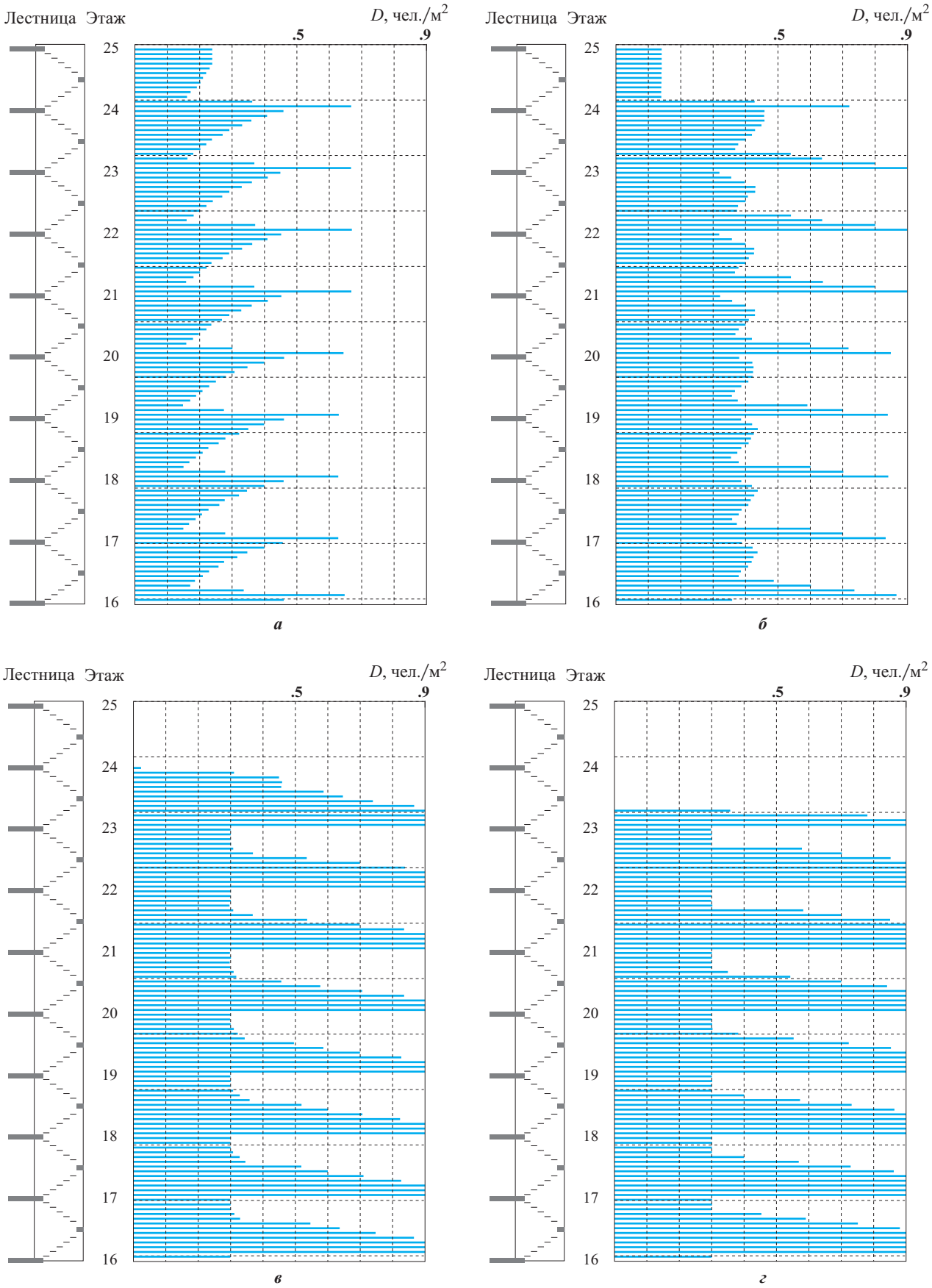


Рис. 4. Динамика изменения плотности людского потока на лестницах при эвакуации по 100 чел. с этажа через: *а* — 0,5 мин; *б* — 1 мин; *в* — 1,5 мин; *г* — 2 мин

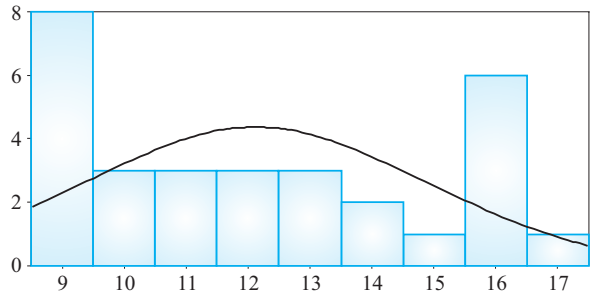


Рис. 5. Гистограмма распределения вероятностей значения расчетного времени эвакуации по двум лестницам 10-этажного блока этажей (Число реализаций — 30. Математическое ожидание — 12,10 мин. Среднеквадратическое отклонение — 2,74 мин. Доверительный интервал: нижняя граница — 11,10 мин; верхняя — 13,14 мин)

Расчетное время, мин, эвакуации людей (по 200 чел.) с этажей здания при использовании одной или двух лестничных клеток

Этаж	Количество лестничных клеток	
	одна	две
25	5,35	2,66
24	19,36	3,22
23	30,18	6,16
22	34,33	11,50
21	34,51	11,62
20	31,34	11,13
19	27,88	10,49
18	24,28	9,77
17	22,25	9,04
16	18,72	8,17

Данные приведенной на рис. 5 гистограммы дают возможность сопоставить результаты выполненных расчетов с данными тренировочных эвакуаций из высотных зданий, особенно активно проводившихся в Канаде [9, 10]. М. Гэлбрет пишет: "…в 22-этажном конторском здании в Оттаве несколько раз подавался ложный сигнал тревоги. Во время шести отдельных попыток эвакуации лестницы заполнялись людьми, но ни одна из попыток не заканчивалась ранее 20–30 мин" [9]. Как видно, данные гистограммы дают для 20-этажного здания значения, лежащие в этом же интервале (22,2–26,28 мин). При этом М. Гэлбрет замечает, что "многие люди не захотят или окажутся не в состоянии прошагать пешком 50 этажей". Имеются данные [11, 12], что даже при свободном движении люди испытывают усталость после 5 мин спуска, а при спуске приблизительно с 18-го этажа они "страдают от усталости".

Образование больших плотностей усугубляет проблемы обеспечения безопасности людей при движении по лестницам. По данным Дж. Полза [10] Национальное бюро стандартов (НБС) США еще в конце 70-х годов должно было развернуть исследования динамики людских потоков высокой плотности. Этого не было сделано. Но среди документов, приложенных к отчету НБС, находится работа Дж. Фруина "Несчастные случаи в толпе — система оценки причин и контрмер", в которой он указывает на особо опасные явления:

- быстрое скопление людей, превосходящее пропускную способность путей эвакуации;
- плотность потоков, приближающуюся к 8 чел./м^2, когда между людьми не остается свободного пространства. При этом можно наблюдать "ударные" волны, вызывающие непроизвольное перемещение людей на расстояние до 3 м в поперечном направлении.

Отмечая необычные физические нагрузки, возникающие при высокой плотности людских потоков, Дж. Фруин пишет: "комбинированное давление пешеходной массы и воздействия ударных волн на толпу при критическом уровне плотности вызывают такие усилия, которые не могут воспринять отдельные индивидуумы или их небольшие группы. Участники таких инцидентов свидетельствуют, что в этих условиях их буквально вырывают из своей обуви и одежды. Свидетели инцидентов отмечают затрудненность дыхания вследствие давления толпы, поэтому асфиксия (удушье) является более частой причиной смертельных случаев, чем затаптывание. Во время событий на стадионе в Глазго, когда погибли 66 чел., разрушение стального ограждения под давлением толпы вызвало падения и свалку. Изгиб металлического трубчатого ограждения был отмечен также и во время инцидента в Цинциннати. Усилие, требуемое для изгиба металлической трубы ограждения диаметром 5 см, установленной на высоте 75 см от пола, составляет примерно 500 кг".

Как было сказано выше, чрезвычайная опасность образования предельных плотностей была установлена отечественными учеными еще на начальных этапах исследования людских потоков, что и обусловило разработку критерия беспрепятственности эвакуации, — расчет по второму предельному состоянию путей эвакуации [13] — реализованного в нормировании впервые СНиП II-2–80 [14].

Таким образом, имеется полная возможность при помощи простейших соотношений произвести оперативную оценку соблюдения критериев обеспечения безопасности людей при эвакуации из высотных зданий, чтобы избежать проектных решений, подобных рассмотренным. Для этого МГСН 4.19–2005 [3] содержит вполне достаточные нормы и правила. Требуется только их добросовестное исполнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wood P. G. The behaviour of People in Fires // British Note 953: November, 1972.
2. СНиП 21-01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
3. МГСН 4.19–2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве.
4. Беляев С. В. Эвакуация зданий массового назначения.
5. Копылов В. А. Исследования параметров движения людей при вынужденной эвакуации: Дисс. ... канд. техн. наук. — М., 1974.
6. Милинский А. И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения: Дисс. ... канд. техн. наук. — М.: МИСИ, 1951.
7. Холщевников В. В., Копылов В. А. Движение людских потоков через проемы // Пожарное дело. — 1982. — №3.
8. Закономерности связи между параметрами людских потоков. Диплом № 24-S (автор — В. В. Холщевников) // Научные открытия. — М.: Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений, 2006. — С. 63–69.
9. Galbreath M. Canadian experience of fire safety in high buildings // Fire Safety Journal. — 1984. — Vol. 7.
10. Pauls J. The movement of people in buildings and design solutions for means of egress // Fire Technology. — 1984. — Vol. 20, № 3.
11. So A., Lai T., Yu J. Lift logic / FEJ and FP, August 2003.
12. Watrour Lanrece D. The ease for evacuating high-rise buildings // Elevator World. — 1972. — № 11.
13. Предтеченский В. М., Милинский А. И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. — М., 1969.
14. СНиП 11-2–80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

Поступила в редакцию 24.11.06.