



А. А. Косачев
ассистент кафедры Московского
государственного строительного
университета



А. Я. Корольченко
д-р техн. наук, профессор, заведующий
кафедрой Московского государственного
строительного университета

УДК 614.841

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ПОЖАРНОГО РИСКА

Рассмотрены некоторые особенности применения “Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности”, утвержденной приказом МЧС России от 30.06.2009 г. № 382. Отмечена преемственность этой методики, основанной на положениях использовавшейся длительное время методики приложения 2 к ГОСТ 12.1.004–91*. Анализируются новые положения, которые отличают утвержденную методику от ранее применявшейся.

Ключевые слова: пожарный риск, методика расчета, эвакуация из здания, людской поток.

Одним из критериев соответствия объекта требованиям пожарной безопасности в соответствии с п. 1 ст. 6 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” является величина пожарного риска. Законом определено, что пожарный риск “есть мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей”. Приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 была утверждена методика определения расчетных величин пожарного риска. Ее разработчиком является ФГУ ВНИИПО МЧС России. Данная методика распространяется на все здания, сооружения и строения, кроме зданий классов функциональной пожарной опасности Ф.5. Экономическая составляющая пожарного риска в методике не рассматривается.

Во многом данная методика базируется на основных положениях приложения 2 к ГОСТ 12.1.004–91* “ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования”, которые использовались для оценки безопасности людей в зданиях в последнее двадцатилетие. Однако следует заметить, что указанная методика включает ряд нововведений, которые требуют более детального рассмотрения.

Представляя собой достаточно эффективный инструмент в области гибкого нормирования, методика оставляет без ответа ряд вопросов. Какие отступления и от каких нормативных документов возможны? Как применять модели пожара, предложенные разработчиками в приложении 6 к рассматриваемой методике, без соответствующих вычислительных программ? И наконец, как правильно пользоваться методикой?

В данной статье мы остановимся на приложениях 2, 3 и 5 рассматриваемой методики (для простоты изложения условимся называть ее “новой”) и проведем сравнительный анализ их с методикой определения расчетного времени эвакуации, изложенной в приложении 2 к ГОСТ 12.1.004–91* (соответственно “старой”).

При прочтении приложения 2 “новой” методики изначально создается впечатление полного сходства со “старой”. Однако это не совсем так. При определении площади горизонтальной проекции человека приложение 2 “новой” методики вместо привычных значений (напомним, что в “старой” методике предлагались значения средней площади горизонтальной проекции человека: 0,1 м² — для взрослого человека в летней одежде; 0,125 м² — для взрослого человека в зимней одежде; 0,07 м² — для подростка) отсылает читателя к приложению 5, которое предлагает значения, указанные в табл. 1 и 2.

Еще одним из наиболее важных (и одним из наиболее обоснованных, на взгляд авторов статьи) нововведений представляется ограничение, предусмотренное в тексте самой методики и распростра-

Таблица 1. Площади горизонтальной проекции взрослых людей

Тип одежды	Ширина а, м	Толщина с, м	Площадь горизонтальной проекции, м ² /чел.
Летняя	0,46	0,28	0,100
Весенне-осенняя	0,48	0,30	0,113
Зимняя	0,50	0,32	0,125

Таблица 2. Площади горизонтальной проекции детей и подростков

Тип одежды	Возрастная группа		
	младшая до 9 лет	средняя 10–13 лет	старшая 4–16 лет
Домашняя одежда	0,04	0,06	0,08
Домашняя одежда со школьной сумкой	0,07	0,10	0,14
Уличная одежда	0,09	0,13	0,16

няющееся на определение вероятности эвакуации людей P_3 из здания. Заключается оно в следующем:

$$P_3 = \begin{cases} \frac{0,8t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \\ & \text{и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0, & \text{если } t_p \geq 0,8t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин,} \end{cases}$$

где t_p — расчетное время эвакуации людей, мин;
 $t_{\text{нэ}}$ — время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;
 $t_{\text{бл}}$ — время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;
 $t_{\text{ск}}$ — время существования скоплений людей на участках пути.

Для сравнения приведем выражение, предусмотренное в “старой” методике:

$$P_3 = \begin{cases} \frac{t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}}; \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq t_{\text{бл}}; \\ 0, & \text{если } t_p \geq t_{\text{бл}}. \end{cases}$$

Нетрудно заметить, что в “новой” трактовке присутствует такое понятие, как время существования скоплений людей на участках пути $t_{\text{ск}}$ (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5). Вероятно, что такое ограничение вызвано тем, что в случае существования в течение 6 мин на путях эвакуации потоков со значением плотности более 0,5 приведет к давке (при площади горизонтальной проекции 0,125 м² четыре человека занимают 1 м²). При этом следует помнить, что данное ограничение распространяется исключительно на один участок эвакуационного пути.

Претерпело изменение и значение времени начала эвакуации $t_{\text{нэ}}$. В “старой” методике принимались следующие величины: при наличии в здании

системы оповещения о пожаре $t_{\text{нэ}}$ принимают равным времени срабатывания системы с учетом ее инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях) без систем оповещения величину $t_{\text{нэ}}$ следует принимать равной 0,5 мин для этажа пожара и 2 мин — для вышележащих этажей. В “новой” методике предусматриваются значения, приведенные в табл. 3.

Многие здания класса функциональной пожарной опасности Ф1.3 в нашей стране оборудованы системами оповещения I–II типов, во многих — они вовсе отсутствуют. Через 6–9 мин пожар в таких зданиях может достичь развитой стадии и эвакуационные выходы будут заблокированы. В связи с этим возникает вопрос: возможна ли в принципе успешная эвакуация при таком значении времени начала эвакуации людей? В данном случае представляется логичным определение необходимого времени эвакуации при условии закрытой двери в квартире пожара (но это является лишь мнением авторов статьи).

В приложении 5 “новой” методики приведены также важнейшие закономерности движения людских потоков через холлы, фойе и прочие помещения, не ограничивающие, в отличие от коридоров, ширины людского потока. В зависимости от количества человек в методике приводятся следующие значения ширины эвакуационных путей в “неограниченных” шириной участках (фойе, вестибюли и пр.): “В таком случае ширина потока (b) зависит от количества людей (N) и длины (l) участка: $b = 4$ м при $N < 100$ чел. и $l \leq 6$ м; $b = 6$ м — в остальных случаях”.

В том же приложении введены правила расчета движения людских потоков по лестничным клеткам. Здесь присутствует некоторая сумятица. С одной стороны, приводится значение длины пути по двухмаршевой лестнице в пределах этажа, определяемое по выражению:

$$L = \frac{L'}{\cos \alpha},$$

где L' — горизонтальная проекция длины наклонного пути, м;

α — угол наклона к горизонту.

Хотя из соображений геометрии L представляет лишь длину пути по одному из маршей. При этом в данном же пункте приложения приводится следующая фраза: “...не допуская серьезной погрешности, длину пути по двухмаршевой лестнице можно принимать равной его утроенной высоте H , т. е. $L = 3H$ ”.

Вероятно, что первый вариант приведен для лестничных клеток, соединяющих этажи с различной высотой, а второй применим для зданий с одинаковой высотой этажей.

Таблица 3. Время начала эвакуации для зданий различных классов функциональной пожарной опасности

№ п/п	Класс функциональной пожарной опасности зданий и характеристика контингента людей	Время начала эвакуации людей $t_{нэ}$, мин		
		Здания, оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей		Здания, не оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей
		I–II типов	III–V типов	
1	Здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений; многоквартирные жилые дома; многоквартирные жилые дома, в том числе блокированные (Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4). Люди могут находиться в состоянии сна, но знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	6,0	4,0	9,0
2	Гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов (Ф1.2). Жильцы могут находиться в состоянии сна и недостаточно знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	3,0	2,0	6,0
3	Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений, здания организаций по обслуживанию населения (Ф2, Ф3). Посетители находятся в бодрствующем состоянии, но могут быть не знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	3,0	1,0	6,0
4	Здания научных и образовательных учреждений, научных и проектных организаций, органов управления учреждений (Ф4). Посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	3,0	1,5	6,0

“Новая” методика помимо привычного расчета предлагает математическую модель индивидуально-поточного движения. Данная модель существенно отличается от “старого” расчета. Основным отличием является то, что рассматриваются различные варианты движения каждого человека. Изначально задаются его координаты, а затем с определенным промежутком (шагом) времени определяется положение в пространстве каждого человека, участвующего в движении, в зависимости от его скорости:

$$x_i(t) = x_i(t - \Delta t) - V_i(t)\Delta t, \text{ м},$$

где $x_i(t - \Delta t)$ — координата i -го человека в предыдущий момент времени, м;

$V_i(t)$ — скорость i -го человека в момент времени t , м/с;

Δt — промежуток времени, с.

Расчетное время эвакуации людей из здания устанавливается по времени выхода из него последнего человека.

Данная модель вводит такое понятие, как локальная плотность (фактически плотность потока перед каждым человеком), которое определяет скорость каждого из участников движения:

$$D_i(t) = (n(t) - 1) \frac{f}{b\Delta x}, \text{ м}^2/\text{м}^2,$$

где n — количество людей в группе, чел.;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, $\text{м}^2/\text{м}^2$;

b — ширина эвакуационного участка, м;

Δx — разность координат последнего и первого человека в группе, м.

Признаком того, что человек перешел на следующий участок, является то, что в определенный момент времени его координата принимает отрицательное значение. Однако это не является обязательным условием перехода человека на следующий участок, т. е. данное условие является обязательным, но недостаточным. Необходимо проверить пропускную способность проема, определяемую по формуле:

$$Q_j(t) = \frac{q_j(t) c_j \Delta t}{f \cdot 60}, \text{ чел.},$$

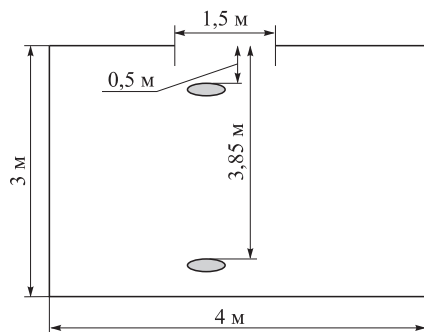
где $q_j(t)$ — интенсивность движения на выходе с j -го эвакуационного участка в момент времени t , м/мин;

c_j — ширина выхода с j -го эвакуационного участка, м;

Δt — промежуток времени, с;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 .

Данная величина показывает, сколько человек может пройти через проем при заданных ширине и интенсивности движения. Таким образом, если $m \leq Q_j(t)$ (m — количество человек с отрицательной координатой в данный момент времени), то все m человек переходят на следующий эвакуационный



Координатная схема размещения людей в помещении

участок и их координаты определяются в соответствии с вышеуказанной формулой. Если $m > Q_j(t)$, то количество человек, равное значению $Q_j(t)$, переходят на следующий эвакуационный участок, а количество человек, равное значению $(m - Q_j(t))$, — не переходят (остаются на данном эвакуационном участке) и их координатам присваиваются значения $x_i(t) = k \cdot 0,25 + 0,25$, где k — номер ряда, в котором будут находиться люди (максимально возможное количество человек в одном ряду сбоку друг от друга для каждого эвакуационного участка определяется перед началом расчетов). Таким образом, возникает скопление людей перед выходом с эвакуационного участка.

Остановимся подробнее на значении пропускной способности проема $Q_j(t)$. Для этого рассмотрим пример. Допустим, что есть помещение площадью 12 м^2 (см. рисунок). Ширина выхода из помещения составляет $1,5 \text{ м}$. Расстояние первого человека до выхода равно $3,85 \text{ м}$, второго — $0,5 \text{ м}$.

Перейдем непосредственно к расчету. Зададим для простоты шаг времени, с которым будем фиксировать положение людей в помещении, равным 1 с . Горизонтальную площадь человека принимаем $0,125 \text{ м}^2$. Тогда получаем плотность людского потока в помещении:

$$D = \frac{N f \Delta t}{lb} = \frac{2 \cdot 0,125 \cdot 1}{3 \cdot 4} \approx 0,02 \text{ м}^2/\text{м}^2.$$

При таком значении плотности людского потока скорость будет равна 100 м/мин .

По формуле, предлагаемой в “новой” методике, определим положение эвакуирующихся в разные моменты времени и сведем результаты в табл. 4.

Из данных табл. 4 видно, что люди должны покинуть помещение через 3 с .

Теперь в соответствии с методикой определяем, какое количество человек может пройти через двер-

Таблица 4. Результаты расчета эвакуации

Время, с	Координата человека в помещении, м		Количество эвакуирующихся m , чел.
	первого	второго	
0	3,85	0,5	0
1	2,18	–1,17 (покинул помещение)	1
2	0,52	–	1
3	–1,15 (покинул помещение)	–	2

ной проем за данный промежуток времени. Для этого сначала вычисляем интенсивность движения:

$$q = DV = 0,02 \cdot 100 = 2 \text{ м/мин}.$$

Определяем пропускную способность проема:

$$Q_j(t) = \frac{q_j(t) c_j \Delta t}{f \cdot 60} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1}{0,125 \cdot 60} = 0,4 \text{ чел}.$$

Поскольку $Q_j(t) < m$, то в соответствии с методикой перед дверным проемом образуется скопление из одного человека, что представляется весьма странным. Чтобы один человек покинул помещение через 1 с , исходя из методики, ширина дверного проема должна быть не менее $2,5 \text{ м}$. При этом если бы в помещении было 20 чел. , то через секунду человек покинул бы помещение.

Вывод

По мнению авторов, в алгоритм математической модели индивидуально-поточного движения должно быть внесено следующее условие: в случае, если ширина проема больше, чем суммарная ширина эвакуирующихся (которая составляет $0,5 \text{ м}$), необходимым и достаточным условием перехода людей на следующий эвакуационный участок является то, что их координаты становятся отрицательными.

Очевидно, что данная модель является более сложной и трудоемкой по сравнению с применяемой до настоящего времени. Современные объемно-планировочные решения зданий отличаются сложностью и разнообразием. В этой связи сотрудниками кафедры пожарной безопасности Московского государственного строительного университета в настоящее время разрабатывается вычислительная программа, принимающая во внимание движение людских потоков, на базе индивидуально-поточной модели с учетом изменения координат человека при эвакуации в реальных условиях.

Материал поступил в редакцию 14.08.09.
© Косачев А. А., Корольченко А. Я., 2009 г.
(e-mail: nto_nii@mail.ru, kr139@ya.ru).