Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

от 30 июня 2009 г. № 382 г. Москва

Зарегистрирован в Минюсте РФ 6 августа 2009 г. Регистрационный № 14486

Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности

В соответствии с Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»[1] и постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска»[2] **приказываю**:

Утвердить прилагаемую методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.

Министр С. Шойгу

[1] *Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, № 52 (часть I), ст. 5140; 2005, № 19, ст. 1752; 2007, № 19, ст. 2293; 2007, № 49, ст. 6070; 2008, № 30 (часть II), ст. 3616.*

[2] *Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, № 14, ст. 1656.*

Приложение

Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности

I. Общие положения

1. Настоящая методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (далее — Методика) устанавливает порядок определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях (далее — здание) и распространяется на здания классов функциональной пожарной опасности:

Ф1 — здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей, в том числе:

а) Ф1.1 — здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений;

б) Ф1.2 — гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов;

в) Ф1.3 — многоквартирные жилые дома;

г) Ф1.4 — одноквартирные жилые дома, в том числе блокированные;

Ф2 — здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений, в том числе:

а) Ф2.1 — театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях;

б) Ф2.2 — музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения в закрытых помещениях;

в) Ф2.3 — театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей на открытом воздухе;

г) Ф2.4 — музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения на открытом воздухе;

Ф3 — здания организаций по обслуживанию населения, в том числе:

а) Ф3.1 — здания организаций торговли;

б) Ф3.2 — здания организаций общественного питания;

в) Ф3.3 — вокзалы;

г) Ф3.4 — поликлиники и амбулатории;

д) Ф3.5 — помещения для посетителей организаций бытового и коммунального обслуживания с нерасчетным числом посадочных мест для посетителей;

е) Ф3.6 — физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, бытовые помещения, бани;

Ф4 — здания научных и образовательных учреждений, научных и проектных организаций, органов управления учреждений, в том числе:

а) Ф4.1 — здания общеобразовательных учреждений, образовательных учреждений дополнительного образования детей, образовательных учреждений начального профессионального и среднего профессионального образования;

б) Ф4.2 — здания образовательных учреждений высшего профессионального образования и дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов;

в) Ф4.3 — здания органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов;

г) Ф4.4 — здания пожарных депо.

2. Расчеты по оценке пожарного риска проводятся почтем сопоставления расчетных величин пожарного риска с нормативным значением пожарного риска, установленного Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»[1] (далее — Технический регламент).

3. Определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании:

а) анализа пожарной опасности зданий;

б) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;

в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

г) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;

д) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий.

4. Определение расчетных величин пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для жильцов, персонала и посетителей в здании. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (далее — ОФП) на человека, находящегося в здании. Перечень ОФП установлен статьей 9 Технического регламента.

5. Частота воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

6. Для целей настоящей методики используются основные понятия, установленные статьей 2 Технического регламента.

II. Основные расчетные величины индивидуального пожарного риска

7. Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$Q_в \le Q_в^н, \qquad (1)$$

где $Q_в^н$ — нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_в^н = 10^{-6}$ год$^{-1}$;

$Q_в$ — расчетная величина индивидуального пожарного риска.

8. Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_В$ в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_в = Q_н \cdot (1 - R_{обн}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - P_{пз}), \qquad (2)$$

где $Q_н$ — частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении № 1 к настоящей методике. При наличии данных о количестве людей в здании необходимо использовать уточненную оценку, а при их отсутствии — оценку в расчете на одно учреждение. При отсутствии статистической информации допускается принимать $Q_н = 4 \cdot 10^{-2}$ для каждого здания. Оценку частотных характеристик возникновения пожара также допускается выполнять исходя из статистических данных, публикуемых в научно-техническом журнале «Пожарная безопасность»;

$R_{ап}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (далее — АУПТ). Значение параметра $R_{ап}$ определяется технической надежностью элементов АУПТ, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{ап} = 0{,}9$. При отсутствии в здании систем автоматического пожаротушения $R_{ап}$ принимается равной нулю;

$P_{пр}$ — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $P_{пр} = t_{функц}/24$, где $t_{функц}$ — время нахождения людей в здании в часах;

$P_э$ — вероятность эвакуации людей;

$P_{пз}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

9. Вероятность эвакуации Рэ рассчитывают по формуле:

$$P_э = \begin{cases} \dfrac{0{,}8 \cdot t_{бп} - t_р}{t_{нэ}}, & \text{если } t_р < 0{,}8 \cdot t_{бп} < t_р + t_{нэ} \text{ и } t_{нэ} \le 6 \text{ мин} \\ 0{,}999, & \text{если } t_р + t_{нэ} \le 0{,}8 \cdot t_{бп} \text{ и } t_{нэ} \le 6 \text{ мин} \\ 0{,}000, & \text{если } t_р \ge 0{,}8 \cdot t_{бп} \text{ или } t_{нэ} > 6 \text{ мин} \end{cases} \qquad (3)$$

где $t_р$ — расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{нэ}$ — время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{бп}$ — время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{ск}$ — время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

10. Расчетное время эвакуации людей $t_р$ из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу одним из следующих способов:

по упрощенной аналитической модели движения людского потока, приведенной в приложении № 2 к настоящей Методике;

по математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания, приведенной в приложении № 3 к настоящей Методике;

по имитационно-стохастической модели движения людских потоков, приведенной в приложении № 4 к настоящей Методике.

Выбор способа определения расчетного времени эвакуации производится с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей контингента (его однородности) людей, находящихся в нем.

При определении расчетного времени эвакуации учитываются данные, приведенные в приложении № 5 к настоящей Методике, в частности принципы составления расчетной схемы эвакуации людей, параметры движения людей различных групп мобильности, а также значения площадей горизонтальных проекций различных контингентов людей.

При проведении расчетов следует также учитывать, что при наличии двух и более эвакуационных выходов общая пропускная способность всех выходов, кроме каждого одного из них, должна обеспечить безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании.

11. Время начала эвакуации $t_{нэ}$ определяется в соответствии с пунктом 1 приложения № 5 к настоящей Методике.

12. Время блокирования путей эвакуации $t_{бп}$ вычисляется путем расчета времени достижения ОФП предельно допустимых значений на эвакуационных путях в различные моменты времени. Порядок проведения расчета и математические модели для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара приведен в приложении № 6 к настоящей Методике.

13. Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты Рпз , направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей, рассчитывается по формуле:

$$P_{ПЗ} = 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{СОУЭ}) \cdot (1 - R_{обн} \cdot R_{ПДЗ}) \qquad (4)$$

где $R_{обн}$ — вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации. Значение параметра $R_{обн}$ определяется технической надежностью элементов системы пожарной сигнализации, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{обн} = 0{,}8$;

$R_{СОУЭ}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{ПДЗ}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной зашиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Порядок оценки параметров $R_{обн}$, $R_{СОУЭ}$ и $R_{ПДЗ}$ приведен в разделе IV настоящей Методики.

III. Порядок проведения расчета индивидуального пожарного риска

Анализ пожарной опасности здания

14. Для проведения анализа пожарной опасности осуществляется сбор данных о здании, который включает:

объемно-планировочные решения;

теплофизические характеристики ограждающих конструкций и размещенного оборудования;

вид, количество и размещение горючих веществ и материалов;

количество и места вероятного размещения людей;

системы пожарной сигнализации и пожаротушения, противодымной защиты, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей.

15. На основании полученных данных производится анализ пожарной опасности здания, при этом учитывается:

возможная динамика развития пожара;

состав и характеристики системы противопожарной защиты;

возможные последствия воздействия пожара на людей и конструкции здания.

Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

16. Частота реализации пожароопасных ситуаций определяется частотой возникновения пожара в здании в течение года. Порядок определения частоты возникновения пожара в здании приведен в разделе II настоящей Методики.

Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития

17. Для построения полей опасных факторов пожара проводится экспертный выбор сценария или сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей.

Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;

задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, состояния проемов);

задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

В соответствии с приложением № 6 к настоящей Методике формулируется математическая модель развития пожара и проводится моделирование его динамики развития.

На основании результатов расчетов осуществляется построение полей опасных факторов пожара и определяется значение времени блокирования путей эвакуации ОФП $t_{бп}$.

Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития

18. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей заключается в определении вероятности эвакуации людей из здания при пожаре.

Вероятность эвакуации людей определяется по формуле (3) на основе сопоставления значений расчетного времени эвакуации людей и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Для определения расчетного времени эвакуации людей $t_р$ в соответствии с приложениями № 2—5 к настоящей Методике определяется модель эвакуации людей из здания, проводится построение расчетной схемы эвакуации и осуществляется моделирование эвакуации людей.

19. В соответствии с разделом II настоящей Методики проводится определение расчетной величины индивидуального пожарного риска $Q_В$ и сопоставление ее с нормативным значением индивидуального пожарного риска $Q_в^н$.

Учет наличия систем обеспечения пожарной безопасности здания

20. Наличие систем обеспечения пожарной безопасности здания учитывается в соответствии с формулой (4) и положениями раздела IV настоящей Методики.

Блок-схема, иллюстрирующая порядок проведения расчета индивидуального пожарного риска, представлена на рис. 1*.

IV. Порядок разработки дополнительных противопожарных мероприятий при определении расчетной величины индивидуального пожарного риска

21. В случае если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, в здании следует предусмотреть дополнительные противопожарные мероприятия, направленные на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

К числу противопожарных мероприятий, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, относятся:

применение дополнительных объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара;

устройство дополнительных эвакуационных путей, отвечающих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;

устройство систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа;

применение систем противодымной защиты от воздействия опасных факторов пожара;

ограничение количества людей в здании до значений, обеспечивающих безопасность их эвакуации из здания.

22. Эффективность каждого из перечисленных выше противопожарных мероприятий определяется степенью влияния на параметры $t_р$, $t_{бп}$, $t_{нэ}$, а для системы пожарной сигнализации, противодымной защиты и системы оповещения людей при пожаре и управления эвакуацией людей также условной вероятностью выполнения задачи при пожаре ($R_{обн}$, $R_{соуэ}$ и $R_{пдз}$).

23. Применение в качестве дополнительного противопожарного мероприятия объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара, достигается обеспечением нормируемых пределов огнестойкости и пониженной пожарной опасности облицовочных строительных материалов, используемых в ограждающих конструкциях помещения, в котором находится вероятный очаг пожара.

Степень влияния данного дополнительного противопожарного мероприятия на динамику распространения пожара и, соответственно, значение параметра $t_{бп}$ определяется путем проведения повторного расчета $t_{бп}$ после внесения соответствующих изменений в схему объемно-планировочных решений здания.

24. При применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия устройства дополнительных эвакуационных путей и выходов следует выполнить повторный расчет по оценке параметра $t_р$, с учетом откорректированных объемно-планировочных решений.

25. При применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия устройства системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа следует выполнить повторный расчет по оценке параметра $t_р$ с учетом перераспределения потоков эвакуирующихся и изменения схемы эвакуации в зависимости от сценариев возникновения и развития пожара и, соответственно, алгоритма функционирования системы оповещения людей о пожаре и управлением эвакуации людей.

Значение параметра $R_{соуэ}$ для данного технического решения определяется технической надежностью элементов системы оповещения людей о пожаре и управлением эвакуации людей, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{соуэ} = 0{,}8$.

26. Влияние системы противодымной защиты на уровень обеспеченности безопасной эвакуации людей при пожаре оценивается посредством расчета значения $t_{бп}$ с учетом технических характеристик применяемого вентиляционного оборудования противодымной защиты. Подбор параметров вентиляционного оборудования осуществляется в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности. При этом для выполнения расчетов следует применять зонную (зональную) или полевую модели.

Значение параметра $R_{пдз}$ для данного технического решения определяется технической надежностью элементов автоматики управления противодымной защиты, а также технической надежностью элементов противодымной защиты, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{пдз} = 0{,}8$.

27. Ограничение количества людей в здании до значений, обеспечивающих безопасность их эвакуации из здания при пожаре, учитывается посредством повторного расчета значения параметра $t_р$ при существующих объемно-планировочных решениях и ограниченном значении количества эвакуирующихся при пожаре.

28. Для получения исходных данных, необходимых для проведения расчетов, предусмотренных настоящей Методикой, следует использовать справочные источники информации и проектную документацию здания.

[1] *Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, № 30 (часть I), ст. 3579.*

** В «РГ» не публикуется.*

Приложение № 1 к пункту 8 Методики

Статистические данные о частоте возникновения пожара в зданиях

№ п/п	Наименование здания	Частота возникновения пожара в течение года: В расчете на одно учреждение	Частота возникновения пожара в течение года: Уточненная оценка
1.	Детские дошкольные учреждения (детский сад, ясли, дом ребенка)	$7{,}34 \cdot 10^{-3}$	$9{,}72 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного ребенка)
2.	Общеобразовательные учреждения (школа, школа-интернат, детский дом, лицей, гимназия, колледж)	$1{,}16 \cdot 10^{-2}$	$4{,}16 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного учащегося)
3.	Учреждения начального профессионального образования (профессиональное техническое училище)	$1{,}98 \cdot 10^{-2}$	$4{,}59 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного учащегося)
4.	Учреждения среднего профессионального образования (среднее специальное учебное заведение)	$2{,}69 \cdot 10^{-2}$	$2{,}94 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного учащегося)
5.	Учреждения высшего профессионального образования (высшее учебное заведение)	$1{,}398 \cdot 10^{-1}$	$2{,}43 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного учащегося)
6.	Прочие внешкольные и детские учреждения	$1{,}52 \cdot 10^{-2}$	$2{,}38 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного учащегося)
7.	Детские оздоровительные лагеря, летние детские дачи	$1{,}26 \cdot 10^{-3}$	$3{,}23 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного отдыхающего)
8.	Больницы, госпитали, клиники, родильные дома, психоневрологические интернаты и другие стационары	$3{,}66 \cdot 10^{-2}$	$2{,}358 \cdot 10^{-4}$ (в расчете на одно койко-место)
9.	Санатории, дома отдыха, профилактории, дома престарелых и инвалидов	$2{,}99 \cdot 10^{-2}$	$1{,}767 \cdot 10^{-4}$ (в расчете на одно койко-место)
10.	Амбулатории, поликлиники, диспансеры, медпункты, консультации	$8{,}88 \cdot 10^{-3}$	$5{,}37 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одно посещение пациентом)
11.	Предприятия розничной торговли: универмаги, промтоварные магазины; универсамы, продовольственные магазины; магазины смешанных товаров; аптеки, аптечные ларьки; прочие здания торговли	$2{,}03 \cdot 10^{-2}$	$1{,}579 \cdot 10^{-3}$ (в расчете на одного работающего)
12.	Предприятия рыночной торговли: крытые, оптовые рынки (из зданий стационарной постройки), торговые павильоны, киоски, ларьки, палатки, контейнеры	$1{,}13 \cdot 1^{-2}$	$1{,}678 \cdot 10^{-3}$ (в расчете на одного работающего)
13.	Предприятия общественного питания	$3{,}88 \cdot 10^{-2}$	$2{,}063 \cdot 10^{-3}$ (в расчете на одного работающего)
14.	Гостиницы, мотели	$2{,}81 \cdot 10^{-2}$	$3{,}255 \cdot 10^{-4}$ (в расчете на одно место)
15.	Спортивные сооружения	$1{,}83 \cdot 10^{-3}$	-
16.	Клубные и культурно-зрелищные учреждения	$6{,}90 \cdot 10^{-3}$	-
17.	Библиотеки	$1{,}16 \cdot 10^{-3}$	-
18.	Музеи	$1{,}38 \cdot 10^{-2}$	-
19.	Зрелищные учреждения (театры, цирки)	$9{,}66 \cdot 10^{-2}$	$4{,}03 \cdot 10^{-7}$ (в расчете на одно посещение зрителем)

Приложение № 2 к пункту 10 Методики

Упрощенная аналитическая модель движения людского потока (определение расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей)

Расчетное время эвакуации людей $t_р$ из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i, и шириной δ_i. Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п.

При определении расчетного времени эвакуации людей длину и ширину каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимают по проекту, а для построенных — по фактическому положению. Длину пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряют по длине марша. Длину пути в дверном проеме принимают равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельными участками горизонтального пути, имеющими конечную длину l_i.

Расчетное время эвакуации людей $t_р$ следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_р = t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n, \qquad (П2.1)$$

где t_1 — время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;

$t_1, t_2, t_3, \ldots t_i$ — время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути t_i, мин, рассчитывают по формуле:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1}, \qquad (П2.2)$$

где l_1 — длина первого участка пути, м;

V_1 — скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин (определяется по таблице П2.1 в зависимости от плотности D).

Плотность однородного людского потока на первом участке пути D_1 рассчитывают по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1}, \qquad (П2.3)$$

где N_1 — число людей на первом участке, чел.;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м²/чел., принимаемая в соответствии с пунктом 6 приложения № 5 к настоящей Методике;

δ_1 — ширина первого участка пути, м.

Скорость V_1 движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимают по таблице П2.1 в зависимости от интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, которую вычисляют для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \qquad (П2.4)$$

где δ_i, δ_{i-1} — ширина рассматриваемого i-го и предшествующего ему участка пути, м;

q_i, q_{i-1} — интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i-му и предшествующему участкам пути, м/мин (интенсивность движения людского потока на первом участке пути $q = q_{i-1}$ определяется по таблице П2.1 по значению D_1, установленному по формуле (П2.3).

Если значение q_i, определяемое по формуле (П2.4), меньше или равно q_{max}, то время движения по участку пути t_i, мин, равно:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i}, \qquad (П2.5)$$

при этом значения q_{max}, м/мин следует принимать равными:

16,5 — для горизонтальных путей;

19,6 — для дверных проемов;

16,0 — для лестницы вниз;

11,0 — для лестницы вверх.

Если значение q_i, определенное по формуле (П2.4), больше q_{max}, то ширину δ_i данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \le q_{max} \qquad (П2.6)$$

При невозможности выполнения условия (П2.6) интенсивность и скорость движения людского потока по участку i определяют по таблице П2.1 при значении D = 0,9 и более. При этом следует учитывать время задержки движения людей из-за образовавшегося их скопления, в соответствии с пунктом 4 приложения № 5 к настоящей Методике.

Таблица П2.1

Интенсивность и скорость движения людского потока на разных участках путей эвакуации в зависимости от плотности

Плотность потока D, м²/м²	Горизонтальный путь: Скорость V, v/мин	Горизонтальный путь: Интенсивность q, м/мин	Дверной проем, интенсивность q, м/мин	Лестница вниз: Скорость V, м/мин	Лестница вниз: Интенсивность q, м/мин	Лестница вверх: Скорость V, м/мин	Лестница вверх: Интенсивность q, м/мин
0,01	100	1,0	1,0	100	1,0	60	0,6
0,05	100	5,0	5,0	100	5,0	60	3,0
0,10	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,40	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,50	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,60	28	16,3	19,05	24,5	14,1	18,5	10,75
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Примечание — интенсивность движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более равная 8,5 м/мин, установлена для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины интенсивность движения следует определять по формуле q = 2,5 + 3,75 • δ_i.

При слиянии в начале i-го участка двух и более людских потоков (рис. П2.1*) интенсивность движения q_i, м/мин, рассчитывают по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \qquad (П2.7)$$

где q_{i-1} — интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале i-го участка, м/мин;

δ_{i-1} — ширина участков пути слияния, м;

δ_i — ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение q_i определенное по формуле (П2.7), больше q_{max}, то ширину δ_i данного участка пути следует увеличивать на такое значение, чтобы соблюдалось условие (П2.6). В этом случае время движения по участку i определяют по формуле (П2.5).

**В «РГ» не публикуется.*

Приложение № 3 к пункту 10 Методики

Математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания

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

Перед началом моделирования процесса эвакуации задается схема эвакуационных путей в здании. Все эвакуационные пути подразделяются на эвакуационные участки длиной a и шириной b. Длина и ширина каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимаются по проекту, а для построенных — по фактическому положению. Длина пути по лестничным маршам измеряется по длине марша. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Эвакуационные участки могут быть горизонтальные и наклонные (лестница вниз, лестница вверх и пандус).

За габариты человека в плане принимается эллипс с размерами осей 0,5 м (ширина человека в плечах) и 0,25 м (толщина человека). Задаются координаты каждого человека x_i — расстояние от центра эллипса до конца эвакуационного участка, на котором он находится (рис. П3.1*). Если разность координат некоторых людей, находящихся на эвакуационном участке, составляет менее 0,25 м, то принимается, что люди с этими координатами расположены рядом друг с другом — сбоку один от другого (условно: «в ряд»). При этом, исходя из габаритов человека в плане и размеров эвакуационного участка (длина и ширина) для каждого эвакуационного участка определяются: максимально возможное количество человек в одном ряду сбоку друг от друга и максимально возможное количество людей на участке.

Координаты каждого человека x_i в начальный момент времени задаются в соответствии со схемой расстановки людей в помещениях (рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п.). В случае отсутствия таких данных, например для магазинов, выставочных залов и другое, допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования.

Координата каждого человека в момент времени t определяется по формуле:

$$x_i(t) = x_i(t-\Delta t) - V_i(t) \cdot \Delta t \quad м, \qquad (П3.1)$$

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.

Скорость i-го человека $V_i(t)$ в момент времени t определяется по таблице П2.1 приложения 2 к Методике в зависимости от локальной плотности потока, в котором он движется, $D_i(t)$ и типа эвакуационного участка.

Локальная плотность $D_i(t)$ вычисляется по группе, состоящей из n человек, по формуле:

$$D_i(t) = (n(t) \cdot 1) \cdot f / (b \cdot \Delta x) \quad м^2/м^2, \qquad (П3.2)$$

где n — количество людей в группе, человек;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м²/м²;

b — ширина эвакуационного участка, м;

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

Если в момент времени t координата человека $x_i(t)$, определенная по формуле (П3.1), станет отрицательной — это означает, что человек достиг границы текущего эвакуационного участка и должен перейти на следующий эвакуационный участок.

В этом случае координата этого человека на следующем эвакуационном участке определяется:

$$x_i(t) = [x_i(t-dt) - V_i(t) \cdot dt] + a_j - l_j \quad м, \qquad (П3.3)$$

где $x_i(t-dt)$ — координата i-го человека в предыдущий момент времени на (j-1) эвакуационном участке, м;

$V_i(t)$ — скорость i-го человека на (j-1)-ом эвакуационном участке в момент времени t, м/с;

a_j — длина j-го эвакуационного участка, м;

l_j — координата места слияния j-го и (j-1)-го эвакуационных участков — расстояние от начала j-го эвакуационного участка до места слияния его с (j-1)-ым эвакуационным участком, м.

Количество людей, переходящих с одного эвакуационного участка на другой в единицу времени, определяется пропускной способностью выхода с участка $Q_i(t)$:

$$Q_i(t) = q_i(t) \cdot c_j \cdot dt / (f \cdot 60) \quad чел., \qquad (П3.4)$$

где $q_i(t)$ — 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;

dt — промежуток времени, с;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м².

Интенсивность движения на выходе с j-го эвакуационного участка $q_i(t)$ в момент времени t определяется в зависимости от плотности людского потока на этом участке $Dv_i(t)$.

Плотность людского потока на j-ом эвакуационном участке $Dv_i(t)$ в момент времени t определяется по формуле:

$$Dv_i(t) = (N_i \cdot f \cdot dt) / (a_j \cdot b_j) \quad м^2/м^2, \qquad (П3.5)$$

где N_i — число людей на j-ом эвакуационном участке, чел.;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м²;

a_j — длина j-го эвакуационного участка, м;

b_j — ширина j-го эвакуационного участка, м;

dt — промежуток времени, с.

В момент времени t определяется количество людей m с отрицательными координатами $x_i(t)$, определенными по формуле (П3.1). Если значение $m \le Q_i(t)$, то все m человек переходят на следующий эвакуационный участок и их координаты определяются в соответствии с формулой (П3.3). Если значение $m > Q_i(t)$, то количество человек, равное значению $Q_i(t)$ переходят на следующий эвакуационный участок и их координаты определяются в соответствии с формулой (П 3.3), а количество человек, равное значению (m — $Q_i(t)$), не переходят на следующий эвакуационный участок (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.

На рис. П3.2 изображена блок-схема определения расчетного времени эвакуации людей из здания*.

На основании заданных начальных условий (начальных координат людей, параметров эвакуационных участков) определяются плотности людских потоков на путях эвакуации и пропускные способности выходов с эвакуационных участков. Далее, в момент времени t = t + dt, определяется наличие ОФП на путях эвакуации. В зависимости от этого выбирается направление движения каждого человека и вычисляется новая координата каждого человека. После этого снова определяются плотности людских потоков на путях эвакуации и пропускные способности выходов. Затем вновь дается приращение по времени dt и определяются новые координаты людей с учетом наличия ОФП на путях эвакуации в этот момент времени. После этого процесс повторяется. Расчеты проводятся до тех пор, пока все люди не будут эвакуированы из здания.

**В «РГ» не публикуются.*

Приложение № 4 к пункту 10 Методики

Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков

Множество людей, одновременно идущих в одном направлении по общим участкам пути, образуют людской поток. Участками формирования людских потоков в помещениях следует принимать проходы между оборудованием. Для последующих участков эвакуационных путей они представляют собой первичные источники людских потоков. Распределение N_i человек на участках формирования, имеющих ширину b_i и длину l_i, принимается равномерным. Поэтому в начальный момент t_0 на каждом элементарном участке Δl_i, занимаемом потоком, плотность потока D_i^{t0} определяется по формуле:

$$D^{t0}_i = N^{t0}_i / b_i \cdot \Delta l_i \quad чел./м^2. \qquad (П4.1)$$

При дальнейшем движении людских потоков из первичных источников по общим участкам пути происходит их слияние. Образуется общий поток, части которого имеют различную плотность. Происходит выравнивание плотностей различных частей людского потока — его переформирование. Следует учитывать, что его головная часть, имеющая перед собой свободный путь, растекается — люди стремятся идти свободно при плотности D_0. За интервал времени Δt часть людей переходит с этих элементарных участков на последующие и происходит изменение состояния людского потока, его движение.

Скорость движения людского потока при плотности D_i на i-ом отрезке участка пути k-го вида следует считать случайной величиной $V_{d,k}$, имеющей числовые характеристики:

математическое ожидание (среднее значение)

$$V_{D,k} = V_{0,k} \cdot (1 - a_k \cdot \ln D_i / D_{0,k}) \cdot m \quad \text{при } D_i > D_{0,k},$$
$$V_{D,k} = V_{0,k} \quad \text{при } D_i \le D_{0,k}, \qquad (П4.2)$$

среднее квадратичное отклонение

$$\sigma(V_{D,k}) = \sigma(V_{0,k}) \cdot (1 - a_k \cdot \ln D_i / D_{0,k}), \qquad (П4.3)$$

где $V_{0,k}$ и $\sigma(V_{0,k})$ — математическое ожидание скорости свободного движения людей в потоке (при $D_i \le D_{0,k}$) и ее среднее квадратичное отклонение, м/мин;

$D_{0,k}$ — предельное значение плотности людского потока, до достижения которого возможно свободное движение людей по k-му виду пути (плотность не влияет на скорость движения людей);

a_k — коэффициент адаптации людей к изменениям плотности потока при движении по k-му виду пути;

D_i — значение плотности