

Министерство образования и науки РФ  
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

**Прогнозирование опасных факторов пожара:  
определение расчетных величин пожарного  
риска общественных зданий и сооружений**

Учебное пособие

Кемерово 2011

УДК 614.841 (075)

ББК 38.96я7

П-78

Рекомендовано редакционно-издательским советом  
Кемеровского технологического института пищевой промышленности

#### Рецензенты

А.И. Фомин, д-р техн. наук, профессор кафедры аэрологии, охраны труда и природы ГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет»;

А.Г. Титов, заместитель начальника ГУ МЧС России по Кемеровской области – начальник управления надзорной деятельности, полковник внутренней службы.

#### Авторы

Ю.И. Иванов, Д.А. Бесперстов, А.С. Мамонтов, Е.И. Стабровская

Прогнозирование опасных факторов пожара: определение расчетных величин пожарного риска общественных зданий и сооружений: учебное пособие. Ю.И. Иванов, Д.А. Бесперстов, А.С. Мамонтов, Е.И. Стабровская. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2011.- с.

Рассматриваются пожарные риски и их виды, классы функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и строений общественного назначения, последовательность действий при оценке пожарного риска, классификация и область применения методов математического моделирования.

Приведены основные расчетные величины и зависимости, используемые для оценки индивидуального и социального риска, а также упрощенная аналитическая модель по определению расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий. Кроме того, в пособии представлены примеры решения задач по определению расчетных параметров эвакуации людей и пожарного риска, задания для самостоятельной подготовки обучающихся, сведения о пожарной опасности наиболее распространенных веществ и материалов.

Предназначено для студентов технических вузов, обучающихся по специальностям 280104 «Пожарная безопасность» и 280102 «Безопасность технологических процессов и производств», может быть полезно инженерно-техническим работникам организаций, преподавателям вузов, слушателям курсов повышения квалификации.

## Введение

Пожарный риск является одним из ключевых понятий Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее ФЗ № 123-ФЗ).

Согласно п. 7 статьи 6 ФЗ №123-ФЗ порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска определяется нормативными правовыми актами Российской Федерации. В настоящее время порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска определяется постановлением Правительства РФ от 31 марта 2009 г. №272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска», которым утверждены «Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска».

Согласно п. 5 указанных Правил определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам, утвержденным МЧС России.

В соответствии с указанным постановлением Правительства Российской Федерации в 2009 г. в отношении объектов непроизводственного назначения (групп общественных зданий, комплексов и сооружений) была разработана и утверждена «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». Данная методика утверждена приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. №382, зарегистрированный в Минюсте РФ 6 августа 2009 №14486.

В пособии рассматриваются классы функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и строений объектов непроизводственной сферы, основные расчетные величины индивидуального пожарного риска и порядок проведения таких расчетов, а также порядок разработки дополнительных противопожарных мероприятий при определении расчетных величин индивидуального пожарного риска. Кроме того, в пособии приве-

дены статистические данные о частотах возникновения пожаров в зданиях, упрощенная аналитическая модель по определению расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий, сведения о пожарной опасности наиболее распространенных веществ и материалов.

Последовательность и порядок проведения расчетов, определение исходных данных для расчетов отражены в примерах расчетов величин пожарного риска.

При составлении пособия учитывались положения «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», а также других нормативных правовых и методических документов в области пожарной безопасности.

## 1. Понятие риска. Показатели риска.

При решении комплексных вопросов безопасности широко применяется методология риска, основу которой составляет определение последствий и вероятности нежелательных событий. Используя количественные показатели риска, можно измерять потенциальную опасность и сравнивать опасности различной природы. При этом в качестве показателей опасности обычно применяют индивидуальный или социальный риск гибели людей (в общем случае причинение определенного ущерба). Количественное выражение опасности позволяет сделать выводы о приемлемости опасности или необходимости принятия мер по ее снижению.

Отсюда следует, что «абсолютной» безопасности (отсутствия всякой опасности) какой-то системы (объекта защиты) добиться в реальном мире невозможно в принципе. Это объясняется как перманентной неполнотой и относительностью научных представлений об опасностях и рисках, так и ограниченными инженерно-техническими и экономическими возможностями общества.

Риск только можно попытаться уменьшить до такого уровня, с которым общество (на данном этапе его исторического развития) вынуждено будет согласиться (психологически будет готово его принять).

**Риск** – сочетание частоты или вероятности и последствий определенного опасного события. Понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой осуществляется опасное событие и последствия опасного события. Анализ риска, в свою очередь, заключается в выявлении (идентификации) опасностей и оценке риска. Под опасностью, в данном случае, понимается источник потенциального ущерба или вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба, а под идентификацией опас-

ности – процесс выявления и признания, что опасность существует, и определение ее характеристик. Применение понятия риск позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий. Риск, таким образом, есть мера опасности.

К числу основных расчетных показателей риска относятся: индивидуальный риск; коллективный риск; социальный риск; материальный риск; экономический риск.

Физический смысл индивидуального риска может быть представлен как частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности в рассматриваемой точке пространства. Индивидуальный риск зависит от потенциального риска и может быть определен по выражению

$$R_{\Sigma}(x, y) = \sum \lambda_i E_{ij}(x, y) \cdot P_j, \quad (1)$$

где  $\lambda_i$  – частота реализации  $i$ -го сценария;  
 $E_{ij}(x, y)$  – вероятность реализации  $j$ -го механизма воздействия в точке  $(x, y)$  для  $i$ -го сценария;  
 $P_j$  – вероятность поражения при реализации  $j$ -го механизма воздействия.

Коллективный риск (Potential Loss of Life) – масштаб последствий для населения от потенциальных аварий. Коллективный риск устанавливает ожидаемое количество смертельно пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени. Коллективный риск может быть выражен через индивидуальный следующей зависимостью:

$$R_{кол} = \iint_S R_{\Sigma(x,y)} N_{\Sigma(x,y)} dx dy, \quad (2)$$

где  $N_{(x,y)}$  – плотность распределения населения и/или персонала по поверхности, прилегающей к опасному объекту.

Вероятность реализации события  $P_i$  за рассматриваемый период времени  $t$  может быть связана с частотой реализации этого события  $\lambda_i$  (при выполнении условия  $\lambda_i \cdot t \leq 0,01$ ) зависимостью:

$$P_i \approx \lambda_i \cdot t \quad (3)$$

Коллективный риск, по сути, является математическим ожиданием дискретной случайной величины людских потерь  $N$  и может быть рассчитан как:

$$R_{кол} = \sum_{i=1}^k n_i \cdot P_i, \quad (4)$$

где  $n_i$  – значение величины людских потерь при реализации  $i$ -го сценария аварийной ситуации из  $k$  возможных, который может осуществиться с вероятностью, равной  $P_i$ .

Под социальным риском (societal risk) понимается зависимость частоты событий  $F$ , при которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного  $N$ , от этого конкретного числа людей. При проведении расчета по оценке социального пожарного риска учитывается степень опасности для группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара, ведущих к гибели 10 человек и более.

По аналогии с коллективным риском определяется материальный риск (математическое ожидание дискретной случайной величины материального ущерба  $G$ ), который рассматривается как:

$$R_{mat} = \sum_{i=1}^k q_i P_i, \quad (5)$$

где  $q_i$  – значение стоимостной оценки материального ущерба при реализации  $i$ -го сценария аварийной ситуации, который может осуществляться с вероятностью, равной  $P_i$ .

Как было сказано выше «абсолютной» безопасности объекта защиты добиться в принципе невозможно. Однако, управляя рисками, можно уменьшить степень опасности любого объ-

екта защиты, а значит – повысить, увеличить степень безопасности до максимально возможного в современных условиях уровня.

Таким образом, безопасность объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков, присущих этому объекту, не превышают их допустимых уровней.

При этом понятия опасности, угрозы и вызов по существу являются синонимами, отличаясь друг от друга некоторыми смысловыми оттенками.

Все они характеризуются набором рисков, уменьшая значения которых, мы приходим к допустимому уровню безопасности конкретного объекта защиты (личности, общества, государства, любой социальной, экономической, технической системы).

Схема алгоритма обеспечения безопасности любого объекта представлен на рисунке 1.

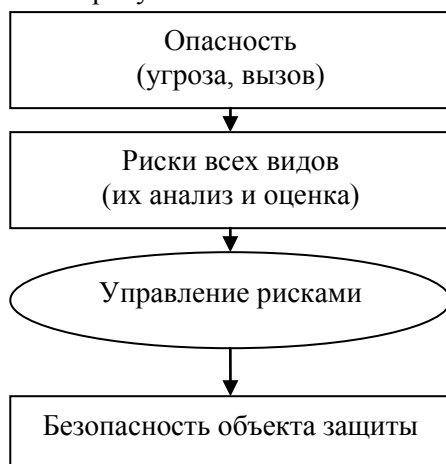


Рис.1 Система «Опасность – риск – безопасность»

У каждой опасности существует много рисков, характеризующих отдельные аспекты этой опасности. Точно также существует множество пожарных рисков.



## 2. Пожарные риски и их виды

Систематическое изучение пожарных рисков относится к началу 1990 годов. Впервые определение пожарного риска было введено Н.Н. Брушлинским в 1999 г. и имело следующую терминологию: пожарный риск – количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности (и ее последствий), измеряемая, как правило, в соответствующих единицах.

В Федеральном законе от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в статье 2 дано следующее определение:

«Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей».

«Пожарная безопасность – состояние объекта противопожарной защиты, при котором значения всех пожарных рисков не превышает их допустимый уровень».

К основным пожарным рискам Н.Н. Брушлинский относит следующие:

- риск  $R_1$  для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах [пожар /  $10^3$  чел.·год];

- риск  $R_2$  для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой). Здесь единица измерения имеет вид: [жертва /  $10^2$  пожаров];

- риск  $R_3$  для человека погибнуть от пожара за единицу времени: [жертва /  $10^5$  чел.·год].

Риск  $R_1$  характеризует возможность реализации пожарной опасности, а риск  $R_2$  и  $R_3$  – некоторые последствия этой реализации. Данные риски связаны соотношением:  $R_3=R_1 \cdot R_2$

В качестве пожарных рисков, характеризующих материальный ущерб от пожаров, Н.Н. Брушлинский предлагает использовать следующие риски:

- риск  $R_4$  уничтожения строений в результате пожара: [уничтоженное строение / пожар];

- риск  $R_5$  прямого материального ущерба от пожара: [руб. / пожар].

Кроме вышеперечисленных пожарных рисков можно рассматривать риски травмирования при пожарах, как гражданских лиц, так и пожарных (причем возможна детализация рисков по видам травм); риски возникновения пожаров по различным причинам (молния, поджог, короткое замыкание в электросети, печное отопление, игры детей и пр); риски возникновения и развития пожаров в зданиях различного назначения, различной этажности, разной степени огнестойкости и пр.

Все эти пожарные риски представляют интерес, в частности, для страховых компаний, для фирм, производящих противопожарное оборудование, для проектировщиков зданий и сооружений и других специалистов.

В Федеральном законе от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» перечислены следующие виды рисков:

Допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;

Социальный пожарный риск – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара;

Индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

Таким образом, пожарных рисков существует очень много, и все их нужно уметь анализировать для успешного противостояния пожарной опасности.

Пожарные риски, во-первых, характеризуют возможность реализации пожарной опасности в виде пожара и, во-вторых, содержат оценки его возможных последствий (а также обстоятельств, способствующих развитию пожара).

Следовательно, при их определении необходимо знать частотные характеристики возникновения пожара на том или ином объекте, а также предполагаемые размеры его социальных, экономических и экологических последствий, обусловленных теми или иными обстоятельствами.

Отсюда следует, что во многих случаях пожарные риски можно оценивать статистическими или вероятностными методами, но в ряде случаев могут потребоваться и иные методы.

### 3. Классификация зданий, сооружений и строений объектов защиты по функциональной пожарной опасности

По функциональной пожарной опасности здания, сооружения и строения объектов общественных зданий и сооружений подразделяются согласно ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» на четыре класса в зависимости от их назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, сооружении и строении, возможности пребывания их в состоянии сна.

Классы функциональной пожарной опасности общественных зданий различного функционального назначения согласно СНИП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения» приведены в таблице 1.

Таблица 1

#### Перечень основных функционально-типологических групп зданий и помещений общественного назначения

Перечень общественных зданий	Класс функциональной пожарной опасности
<b>А. Здания объектов, обслуживающих население</b>	
<i>1. Здания и помещения учебно-воспитательного назначения</i>	
1.1. Учреждения образования и подготовки кадров:	
1.1.1. Дошкольные образовательные учреждения	Ф1.1
1.1.2. Общеобразовательные учреждения (школы, гимназии, лицеи, колледжи, школы-интернаты и т.п.)*	Ф4.1
1.1.3. Учреждения профессионального образования:*	
- начального, среднего	Ф4.1
- высшего и последипломного	Ф4.2
1.2. Внешкольные учреждения (школьников и молодежи)	Ф4.1

Продолжение таблицы 1

1.3. Специализированные учреждения (аэроклубы, автошколы, оборонные учебные заведения и т.п.)*	Ф4.2
<i>2. Здания и помещения здравоохранения и социального обслуживания населения</i>	
2.1. Учреждения здравоохранения:	
2.1.1. Лечебные учреждения со стационаром, медицинские центры и т.п.*	Ф1.1
2.1.2. Амбулаторно-поликлинические и медико-оздоровительные учреждения, станции переливания крови и др.	Ф3.4
2.1.3. Аптеки, молочные кухни	Ф3.1
2.1.4. Медико-реабилитационные и коррекционные учреждения, в том числе для детей	Ф3.4
2.2. Учреждения социального обслуживания населения:	
2.2.1. Учреждения без стационара	Ф3.4
2.2.2. Учреждения со стационаром, в том числе дома-интернаты для инвалидов и престарелых, для детей-инвалидов и т.п.	Ф1.1
<i>3. Здания и помещения сервисного обслуживания населения</i>	
3.1. Предприятия розничной и мелкооптовой торговли, в том числе торгово-развлекательные комплексы*	Ф3.1 Ф2.1
3.2. Предприятия питания (открытая и закрытая сеть)	Ф3.2
3.3. Непроизводственные объекты бытового и коммунального обслуживания населения:	
3.3.1. Предприятия бытового обслуживания населения	Ф3.5
3.3.2. Учреждения коммунального хозяйства, предназначенные для непосредственного обслуживания населения	Ф3.5
3.3.3. Учреждения гражданских обрядов	Ф2.1
3.4. Объекты связи, предназначенные для непосредственного обслуживания населения	Ф3.5
3.5. Учреждения транспорта, предназначенные для непосредственного обслуживания населения:	
3.5.1. Здания вокзалов всех видов транспорта	Ф3.3
3.5.2. Учреждения обслуживания пассажиров, транспортные агентства, туристические агентства	Ф3.5
3.6. Сооружения, здания и помещения санитарно-бытового назначения	Ф3.6
<i>4. Сооружения, здания и помещения для культурно-досуговой деятельности населения и религиозных обрядов</i>	
4.1. Объекты физкультурного, спортивного и физкультурно-досугового назначения:	
- со зрителями*	Ф2.1
- без зрителей	Ф3.6
4.2. Здания и помещения культурно-просветительного назначения и религиозных организаций:	

## Окончание таблицы 1

4.2.1. Библиотеки и читальные залы	Ф2.1
4.2.2. Музеи и выставки	Ф2.2
4.2.3. Религиозные организации и учреждения для населения	Ф4.3
4.3. Зрелищные и досугово-развлекательные учреждения:*	
4.3.1. Зрелищные учреждения (театры, кинотеатры, концертные залы, цирки и т.п.)	Ф2.1
4.3.2. Клубные и досугово-развлекательные учреждения*	Ф2.1 Ф2.2
<i>5. Здания и помещения для временного проживания:</i>	
5.1. Гостиницы, мотели и т.п.*	Ф1.2
5.2. Учреждения отдыха и туризма* (санатории, пансионаты, турбазы и т.п.)	Ф1.2
5.3. Общежития учебных заведений и спальные корпуса интернатов	Ф1.2, Ф1.1
<b>Б. Здания объектов по обслуживанию общества и государства**</b>	
6.1. Здания административного назначения:	
6.1.1. Учреждения органов управления	Ф4.3
6.1.2. Административные учреждения, административные подразделения фирм, организаций, предприятий, а также фирмы и агентства и т.п.	Ф4.3
6.2. Здания:	
6.2.1. Кредитно - финансовые и страховые организации, банки.	Ф4.3
6.2.2. Суды и прокуратура, нотариально - юридические учреждения	Ф3.5
6.2.3. Правоохранительные организации (налоговые службы, милиция, таможня)	Ф4.3
6.2.4. Учреждения социальной защиты населения (собесы, биржи труда и др.)	Ф4.3
6.3. Здания организаций, дающих продукцию:	
6.3.1. Научно-исследовательские организации (за исключением крупных и специальных сооружений)*	Ф4.3
6.3.2. Проектные и конструкторские организации	Ф4.3
6.3.3. Редакционно-издательские и информационные организации (за исключением типографий)	Ф4.3
<i>Примечания:</i>	
<p>1. Настоящее приложение распространяется как на приведённые типы учреждений и помещений, так и на вновь создаваемые в рамках данных функционально-типологических групп помещений.</p> <p>2. Перечисленные группы помещений различного назначения могут компоноваться в многофункциональные здания и комплексы или входить в состав жилых, производственных и других зданий.</p> <p>3. Объекты, отмеченные знаком «*», относятся к объектам многофункционального назначения, выходящим за рамки только данного подкласса функциональной пожарной опасности.</p> <p>** При проектировании зданий данной группы учреждений и организаций следует дополнительно использовать СНиП 31-05.</p>	

## **4. Последовательность действий при оценке пожарного риска.**

### **4.1. Общие положения**

Процесс оценки пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности подразделяется на пять последовательных этапов:

- анализ пожарной опасности объекта защиты (зданий, сооружений, строений);
- определение частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

Расчетные величины пожарного риска являются количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей.

При оценке пожарного риска допускается использовать методы оценки времени блокирования эвакуационных путей и расчетного времени эвакуации, изложенные в методиках определения расчетных величин пожарного риска, утвержденных в установленном порядке.

Определение расчетных величин пожарного риска основывается на расчете индивидуального риска для людей находящихся внутри объекта защиты. Индивидуальный пожарный риск определяется как частота воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на человека. Частота воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется

наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

Расчеты пожарного риска оформляются в виде отчета, в который включаются:

- наименование использованной методики;
- описание объекта защиты, в отношении которого приведен расчет по оценке пожарного риска;
- результаты проведения расчетов по оценке пожарного риска;
- перечень исходных данных и используемых справочных источников информации;
- вывод об условиях соответствия (несоответствия) объекта защиты требованиям пожарной безопасности.

## **4.2. Анализ пожарной опасности здания**

Для проведения анализа пожарной опасности проводится сбор следующих данных о здании:

- объемно-планировочные решения;
- теплофизические характеристики ограждающих конструкций и размещенного оборудования;
- вид, количество и размещение горючих веществ и материалов (очагов возгорания);
- определение пожарной нагрузки;
- количество, вероятность расположения людей в здании и их мобильность;
- системы обнаружения, оповещения и тушения пожара, противодымной защиты, системы обеспечения безопасности людей;
- материальная и социальная значимость объекта.

При этом учитывается:

- вероятность возникновения пожара;



- возможная динамика развития пожара;
- наличие и характеристики систем противопожарной защиты (СППЗ);
- вероятность и возможные последствия воздействия пожара на людей, конструкцию здания и материальные ценности;
- соответствие объекта и его СППЗ требованиям противопожарных норм.

Перечень требуемых данных на объекте защиты приведен в таблице 2. На основании полученных данных производится анализ пожарной опасности здания и выбор возможных сценариев развития пожара. При этом учитывается возможная динамика развития пожара, состав и характеристика системы противопожарной защиты, возможные последствия воздействия пожара на людей и конструкции здания.

Таблица 2

### Опросник для сбора данных об объекте защиты

№	Перечень требуемых данных об объекте защиты	Примечания
1	Объемно-планировочные решения объекта защиты (геометрия объекта)	Проектную документацию необходимо предоставить в формате программы «Auto-cad»
2	Описание системы вентиляции (расходные характеристики, расположение, геометрические характеристики)	Необходимо указать связь или ее отсутствие системы вентиляции с противопожарной системой защиты объекта
3	Описание состояния дверных, оконных и др. проемов сообщающихся с окружающей средой: «всегда открыт», «всегда закрыт» или «может быть открытым или	

	закрытым»	
--	-----------	--

Окончание таблицы 2

4	Теплофизические и геометрические характеристики ограждающих конструкций и размещенного на объекте оборудования	
5	Вид, количество и расположение горючих материалов (очагов возгорания)	
6	Распределение пожарной нагрузки	
7	Количество, вероятность расположения людей в здании и их мобильность	
8	Системы обнаружения, оповещения и тушения пожара, противоподымной защиты	

Сценарий определяется следующими особенностями:

- параметрами окружающей среды;
- размещением очага возгорания;
- начальными значениями параметров объекта;
- определением геометрии расчетной области;
- расположением людей внутри здания.

### **4.3. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций**

Частота реализации пожароопасных ситуаций определяется частотой возникновения пожара в здании в течение года на основе статистических данных (см. п. 6, таблица 3). При наличии сведений о количестве людей в здании должна быть использована уточненная оценка, а при их отсутствии – оценка в расчете на одно учреждение. При отсутствии статистической ин-

формации допускается принимать частоту возникновения пожара в здании в течение года  $Q_n = 4 \cdot 10^{-2}$  для каждого здания. Оценку частотных характеристик возникновения пожара допускается выполнять также исходя из статистических данных, публикуемых в научно-техническом журнале «Пожарная безопасность».

#### **4.4. Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития**

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 заключающейся в выборе рассматриваемой при расчете системы помещений, определении учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, состояния проемов;
- задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

В развитии пожара в помещении обычно выделяют три стадии:

- начальная стадия – от возникновения локального неконтролируемого горения до полного охвата помещения пламенем. При этом средняя температура среды в помещении имеет не высокие значения, но внутри и вокруг зоны горения температура такова, что скорость тепловыделения выше скорости отвода тепла из зоны горения, что обуславливает само ускорение процесса горения;

- стадия полного развития – горят все горючие вещества и материалы, находящиеся в помещении. Интенсивность тепло-выделения от горящих объектов достигает максимума, что приводит к быстрому нарастанию температуры среды помещения до максимальных значений;

- стадия затухания – интенсивность процесса горения в помещении снижается из-за расходования находящейся в нем массы горючих материалов или воздействия средств тушения пожара.

В начальной стадии развития пожара опасными для человека факторами являются: пламя, высокая температура, интенсивность теплового излучения, токсичные продукты горения, дым, снижение содержания кислорода в воздухе, так как при достижении определенных уровней они поражают организм, особенно при длительном воздействии.

Выбор места нахождения очага пожара производится экспертным путем. При этом учитывается количество горючей нагрузки, ее свойства и расположение, вероятность возникновения пожара, возможная динамика его развития, расположение эвакуационных путей и выходов.

При расчетах наиболее часто рассматриваются три основных вида развития пожара:

- круговое распространение пожара по твердой горючей нагрузке;
- линейное распространение пожара по твердой горючей нагрузке;
- неустановившееся горение горючей жидкости.

Скорость выгорания для этих случаев определяется зависимостями:

$$\Psi = \begin{cases} \Psi_{\text{уд}} \cdot \pi \cdot V \cdot t^2 & \text{— для кругового распространения пожара} \\ \Psi_{\text{уд}} \cdot 2V \cdot t \cdot b & \text{— для линейного распространения пожара} \\ \Psi_{\text{уд}} \cdot F \cdot \sqrt{t/t_{\text{ст}}} & \text{— для неустойчивого горения ГЖ,} \end{cases} \quad (6)$$

где  $\Psi_{\text{уд}}$  – удельная скорость выгорания (для ГЖ установившаяся), кг/(с·м<sup>2</sup>);

$V$  – скорость распространения пламени, м/с;

$b$  – ширина полосы горючей нагрузки, м;

$t_{\text{ст}}$  – время стабилизации горения горючей жидкости, с;

$F$  – площадь очага пожара, м<sup>2</sup>.

После определения всех необходимых входных данных с учетом раздела II приложения 6 Методики, утвержденной приказом МЧС России от 30.06.2009 г. №382, выбирается метод моделирования, формулируется математическая модель, соответствующая данному сценарию, и производится моделирование динамики развития пожара. На основании полученных результатов рассчитывается время достижения каждым из опасных факторов пожара предельно допустимого значения на путях эвакуации.

Критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

- по повышенной температуре – 70 °С;
- по тепловому потоку – 1400 Вт/м<sup>2</sup>;
- по потере видимости – 20 м;
- по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м<sup>3</sup>;

- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения ( $\text{CO}_2 - 0,11 \text{ кг/м}^3$ ;  $\text{CO} - 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ ;  $\text{HCl} - 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ ).

Время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП определяется путем выбора из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара минимального времени

$$t_{\text{ол}} = \min \{ t_{\text{KP}}^{\text{П.В.}}, t_{\text{KP}}^{\text{T}}, t_{\text{KP}}^{\text{O}_2}, t_{\text{KP}}^{\text{T.Г.}}, t_{\text{KP}}^{\text{T.П.}} \} \quad (7)$$

#### **4.5. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития**

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

Вероятность эвакуации людей определяется на основе сопоставления значений расчетного времени эвакуации людей и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Для определения расчетного времени эвакуации людей  $t_p$  определяется модель эвакуации людей из здания, проводится построение расчетной схемы эвакуации и осуществляется моделирование эвакуации людей.

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

- по упрощенной аналитической модели движения людского потока;
- по математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания;

- по имитационно-стахостической модели движения людских потоков.

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 п. 8.1 и 8.2, 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 как каждого одного из них, должны обеспечить безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании.

Затем определяется расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_v$  и ее сопоставление с нормативным значением индивидуального пожарного риска  $Q_v^H$ . Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях согласно ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» не должна превышать одну миллионную в год. Основные расчетные величины и зависимости, используемые для оценки индивидуального пожарного риска приведены в п. 6.

#### **4.6. Дополнительные противопожарные мероприятия при расчете пожарного риска**

В случае, если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, в здании необходимо предусмотреть дополнительные противопожарные

мероприятия, направленные на обеспечение эвакуации людей при пожаре.

К противопожарным мероприятиям, обеспечивающим безопасную эвакуацию людей при пожаре, относятся:

- создание дополнительных путей эвакуации;
- установка систем пожаротушения;
- установка систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре повышенного типа;
- применение дополнительных объемно-планировочных решений, ограничивающих распространение пожара;
- применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) от воздействия опасных факторов пожара;
- ограничение количества людей в объекте защиты до значений, гарантирующих безопасность их эвакуации при пожаре.

Эффективность каждого из перечисленных выше противопожарных мероприятий определяется степенью влияния на параметры  $t_p$ ,  $t_{бл}$ ,  $t_{нэ}$ , 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  $R_{пдз}$ ).

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  $t_{бл}$  определяется путем проведения повторного расчета  $t_{бл}$  после внесения соответствующих изменений в схему объемно-планировочных решений здания.



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

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  $t_p$  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.

Влияние системы противодымной защиты на уровень обеспеченности безопасной эвакуации людей при пожаре оценивается посредством расчета значения  $t_{\text{бл}}$  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 полевою модели.

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

Блок-схема порядка проведения оценки пожарного риска приведена на рисунке 2.

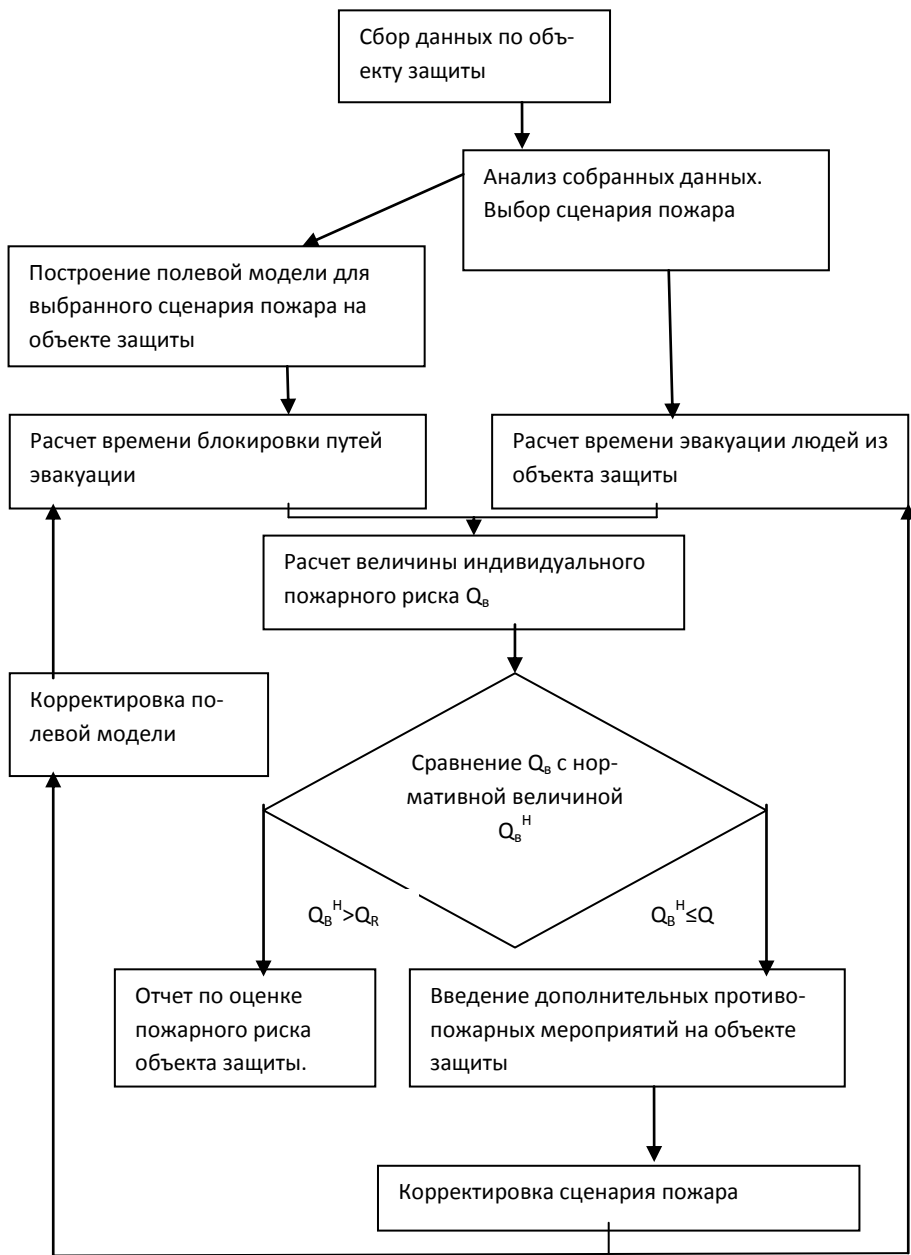


Рис. 2 Блок-схема порядка проведения оценки пожарного риска

## **5. Классификация и область применения методов математического моделирования**

Современные научные методы прогнозирования ОФП основываются на математическом моделировании, т.е. на математических моделях пожара. Математическая модель пожара описывает в самом общем виде изменение параметров состояния среды в помещении в течение времени, а также изменение параметров состояния ограждающих конструкций этого помещения и различных элементов технологического оборудования.

Для прогнозирования ОФП в настоящее время используются интегральные (прогноз средних значений параметров состояния среды в помещении для любого момента развития пожара), зонные (прогноз размеров характерных пространственным зонам, возникающих при пожаре в помещении и средних значений параметров состояния среды в этих зонах для любого момента развития пожара) и полевые (дифференциальные) модели пожара (прогноз пространственно-временного распределения температур и скоростей газовой среды в помещении, концентраций компонентов среды, давлений и плотностей в любой точке помещения).

Основные уравнения, из которых состоит математическая модель пожара, вытекают из фундаментальных законов природы - первого закона термодинамики, закона сохранения массы и закона сохранения импульса. Эти уравнения отражают и увязывают всю совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов, присущих пожару, таких, как тепловыделение в результате горения, дымовыделение в пламенной зоне, изменение оптических свойств газовой среды, выделение и распространение токсичных газов, газообмен помещения с окружающей средой и со смежными помещениями, теплообмен и нагре-

вание ограждающих конструкций, снижение концентрации кислорода в помещении.

Для описания термогазодинамических параметров пожара могут применяться три вида моделей: интегральные, зонные (зональные) и полевые. Выбор конкретной модели расчета времени блокирования путей эвакуации следует осуществлять, исходя из следующих предпосылок:

***интегральный метод:***

- для зданий, содержащих развитую систему помещений малого объема простой геометрической конфигурации;
- для помещений, где характерный размер очага пожара соизмерим с характерными размерами помещения и размеры помещения соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в 5 раз);
- для предварительных расчетов с целью выявления наиболее опасного сценария пожара.

Интегральная модель пожара позволяет получить информацию, т.е. сделать прогноз, о средних значениях параметров состояния среды в помещении для любого момента развития пожара. При этом для того, чтобы сопоставлять средние (среднеобъемные) параметры среды с их предельными значениями, используются формулы, полученные на основе экспериментальных исследований пространственного распределения температур, концентраций продуктов горения, оптической плотности дыма и т.д. Для расчета распространения продуктов горения по зданию составляются и решаются уравнения аэрации, тепло и массообмена как для каждого помещения в отдельности, так и для всего здания в целом.

***зонный (зональный) метод:***

- для помещений и систем помещений простой геометрической конфигурации, линейные размеры которых соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются

не более чем в 5 раз), когда размер очага пожара существенно меньше размеров помещения;

- для рабочих зон, расположенных на разных уровнях в пределах одного помещения (наклонный зрительный зал театра, антресоли и т.д.).

Зонная модель позволяет получить информацию о размерах характерных пространственных зон, возникающих при пожаре в помещении, и средних параметров состояния среды в этих зонах. В качестве характерных пространственных зон можно выделить, например, в начальной стадии пожара припотолочную область пространства, область восходящего над очагом горения потока нагретых газов и область незадымленной холодной части пространства.

При решении задач с использованием двухзонной модели пожар в здании характеризуется усредненными по объему значениями указанных параметров задымленной зоны (температура, оптическая плотность дыма, концентрации кислорода и продуктов горения).

***полевой метод:***

- для помещений сложной геометрической конфигурации, а также помещений с большим количеством внутренних преград (например, многосветные пространства с системой галерей и примыкающих коридоров);

- для помещений, в которых один из геометрических размеров гораздо больше (меньше) остальных (тоннели, закрытые автостоянки большой площади и т.д.);

- для иных случаев, когда применимость или информированность зонных и интегральных моделей вызывает сомнение (уникальные сооружения, распространение пожара по фасаду здания, необходимость учета работы систем противопожарной защиты, способных качественно изменить картинку пожара и т.д.)

Полевая дифференциальная модель позволяет рассчитать для любого момента развития пожара значения всех локальных

параметров состояния во всех точках пространства внутри помещения. Основой для полевых моделей являются уравнения, выражающие законы сохранения массы, импульса, энергии в рассматриваемом малом контрольном объеме.

При использовании интегральной и зонной моделей для помещения, один из линейных размеров которого более чем в пять раз превышает хотя бы один из двух других линейных размеров, необходимо это помещение делить на участки, размеры которых соизмеримы между собой, и рассматривать участки как отдельные помещения, сообщающиеся проемами, площадь которых равна площади сечения на границе участков. Не допускается использование аналогичной процедуры в случае, когда два линейных размера превышают третий более чем в пять раз.

Перечисленные модели отличаются друг от друга объемом той информации, которую они могут дать о состоянии газовой среды в помещении и взаимодействующих с нею конструкций на разных этапах (стадиях) пожара. В этом отношении наиболее детальные сведения можно получить с помощью полевой модели.

В математическом отношении три вышеназванных вида моделей пожара характеризуются разным уровнем сложности. Интегральная модель пожара в своей основе представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Искомыми функциями выступают среднеобъемные параметры состояния среды, независимым аргументом является время  $t$ .

Основу зонной модели пожара в общем случае составляет совокупность нескольких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Параметры состояния среды в каждой зоне являются искомыми функциями, а независимым аргументом является время  $t$ . Искомыми функциями являются также координаты, определяющие положение границ характерных зон.

Необходимые расчетные формулы (уравнения) представлены в приложении 6 Методики определения расчетных вели-

чин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.

Наиболее сложной в математическом отношении является полевая модель. Ее основу составляет система уравнений в частных производных, описывающих пространственно-временное распределение температур и скоростей газовой среды в помещении, концентраций компонентов этой среды (кислород, оксид и диоксид углерода и т.д.), давлений и плотностей. Эти уравнения включают реологический закон Стокса, закон теплопроводности Фурье, закон диффузии, закон радиационного переноса и т.п. В более общем случае к этой системе уравнений добавляется дифференциальное уравнение теплопроводности, описывающее процесс нагревания ограждающих конструкций. Искомыми функциями в этой модели являются плотность и температура среды, скорость движения газа, концентрации компонентов газовой среды, оптическая плотность дыма (натуральный показатель ослабления света в дисперсной среде) и т.д. Независимыми аргументами являются координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и время  $t$ .

Необходимо отметить, что основные дифференциальные уравнения всех названных математических моделей пожара вытекают из неопровержимых фундаментальных законов природы. Необходимо также отметить, что основные дифференциальные уравнения интегральной модели пожара можно получить, например, из уравнений полевой (дифференциальной) модели путем интегрирования последних по объему помещения. Однако, при оценке достоверности вычислений искомых функций адекватность результатов расчетов имеет не одинаковую степень достоверности. Это связано с тем, что в каждой модели могут привлекаться дополнительные функциональные зависимости для вычисления тех или иных физических величин, содержащихся в математическом описании пожара. Например, в полевой модели могут привлекаться различные дополнительные уравнения для вычисления коэффициентов турбулентного пере-

носа энергии, импульса и компонентов газовой среды. В интегральной и зонной моделях могут использоваться различные формулы для вычисления тепловых потоков в ограждающие конструкции.

Необходимо отметить, что при использовании полевой модели определение критического времени имеет существенные особенности, связанные с тем, что критическое значение в различных точках помещения достигается не одновременно. Для помещений с соизмеримым горизонтальным размером критическое время определяется как максимальное из критических времен для эвакуационных выходов из данного помещения (время блокирования последнего выхода).



## 6. Основные расчетные величины и зависимости, используемые для оценки индивидуального пожарного риска

Показателем оценки уровня обеспечения пожарной безопасности людей на объектах является вероятность предотвращения воздействия ( $P_B$ ) ОФП.

Вероятность предотвращения воздействия ОФП определяют для пожароопасной ситуации, при которой место возникновения пожара находится на первом этаже вблизи одного из эвакуационных выходов объекта защиты.

Вероятность предотвращения воздействия ОФП ( $P_B$ ) на людей в объекте вычисляют по формуле:

$$P_B = 1 - Q_B \quad (8)$$

где  $Q_B$  – расчетная вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год (расчетная величина индивидуального пожарного риска).

Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах отвечает требуемому, если

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (9)$$

где  $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$  – допустимая вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год (нормативное значение индивидуального пожарного риска).

Расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_B$  в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_B = Q_{II} \cdot (1 - R_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_3) \cdot (1 - P_{п.з}), \quad (10)$$

где  $Q_{п}$  – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в таблице 3. 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  $Q_{п} = 4 \cdot 10^{-2}$  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 (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;

$R_{пр}$  – вероятность присутствия людей в объекте защиты, определяемая из соотношения  $R_{пр} = t_{функц}/24$ , где  $t_{функц}$  – время нахождения людей в здании, в часах,  $t_{функц} \leq 24$  ч. Для многофункциональных зданий, в которых находится более 50 человек можно предположить, что  $R_{пр} = 1$ ;

$R_{э}$  – вероятность эвакуации людей;

$R_{п.з}$  – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Таблица 3

Статистические данные о частоте возникновения пожара в зданиях

№ п/п	Наименование здания	Частота возникновения пожара в течение года	
		В расчете на одно учреждение	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)

Продолжение таблицы 3

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	$1,13 \cdot 10^{-2}$	$1,678 \cdot 10^{-3}$ (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	1,83·10 <sup>-3</sup>	–
16.	Клубные и культурно-зрелищные учреждения	6,90·10 <sup>-3</sup>	–
17.	Библиотеки	1,16·10 <sup>-3</sup>	–
18.	Музеи	1,38·10 <sup>-2</sup>	–
19.	Зрелищные учреждения (театры, цирки)	9,66·10 <sup>-2</sup>	4,03·10 <sup>-7</sup> (в расчете на одно посещение зрителем)

Вероятность эвакуации ( $P_{\text{э}}$ ) вычисляют по формуле

$$P_{\text{э}} = 1 - (1 - P_{\text{э,л}}) (1 - P_{\text{д,в}}), \quad (11)$$

где  $P_{\text{э,л}}$  – вероятность эвакуации по эвакуационным путям;

$P_{\text{д,в}}$  – вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции здания.

Вероятность ( $P_{\text{э,л}}$ ) вычисляют по зависимости

$$P_{\text{э,л}} = \begin{cases} \frac{\tau_{\text{бл}} - t_p}{\tau_{\text{н.э}}}, & \text{если } t_p < \tau_{\text{бл}} < (t_p + \tau_{\text{н.э}}); \\ 0,999, & \text{если } (t_p + \tau_{\text{н.э}}) \leq \tau_{\text{бл}}; \\ 0, & \text{если } t_p \geq \tau_{\text{бл}}, \end{cases} \quad (12)$$

где  $\tau_{\text{бл}}$  – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин;

$t_p$  – расчетное время эвакуации людей, мин;

$\tau_{\text{н.э}}$  – интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей, (время начала эвакуации), мин.;

В объектах защиты с массовым пребыванием людей в одно время (50 и более человек) вероятность эвакуации при пожаре рассчитывается по выражению:

$$P_э = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин} \end{cases}, \quad (13)$$

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 ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин.;  
 $t_{\text{ск}}$  – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

Формула (13) учитывает требование непрерывности  $P_э$  и допускает, что момент начала эвакуации  $t_{\text{нэ}}$  может находиться в интервале:  $t_{\text{нэ}} > 0,8t_{\text{бл}} - t_p$ . Иными словами, процесс эвакуации людей при пожаре в общественных зданиях с массовым пребыванием людей может проводиться при наличии ОФП на путях эвакуации. Поэтому для зданий и сооружений с массовым пребыванием людей (50 и более человек) с учетом (9) дополнительно введены ограничения  $t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8t_{\text{бл}}$  при условии отсутствия существенных скоплений людей на путях эвакуации и  $t_{\text{ск}} \leq 6$  мин при условии скопления людей.

Принимается, что имеет место скопления людей, если плотность людского потока превышает значения  $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Расчетное время эвакуации людей  $t_p$  из помещений и зданий определяется при максимально возможной расчетной чис-

ленности людей в объекте защиты на основе моделирования движения людей до выхода наружу одним из следующих способов:

- по упрощенной аналитической модели движения людского потока;
- по математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания;
- по имитационно-стохастической модели движения людских потоков.

Значение времени начала эвакуации  $t_{н.э}$  для объектов защиты без систем оповещения вычисляют по результатам исследования поведения людей при пожарах в объектах защиты конкретного назначения.

Величины  $t_{об}$  и  $t_p$  могут быть достаточно точно определены расчетным путем при известных объемно-планировочных характеристиках объекта, данных о количестве людей в зданиях для расчетных аварий с пожарами в общественных зданиях.

Величина  $t_{нэ}$  может быть записана в виде:

$$t_{нэ} = t_{об} + t_{оп} + t_{пр} \quad (14)$$

где  $t_{об}$  – время обнаружения пожара;  $t_{оп}$  – время оповещения людей о пожаре в здании;  $t_{пр}$  – время принятия решения о начале эвакуации.

Время обнаружения пожара  $t_{об}$  зависит от типа используемых пожарных извещателей, схемы их размещения, объемно-планировочных характеристик помещений и может изменяться в пределах от 0,5 до 4 мин.

Время оповещения людей о пожаре определяется широким спектром факторов:

- режимом оповещения (ручной, автоматический);
- характеристиками системы оповещения;
- типом системы оповещения и т.д.

Время принятия человеком решений о начале эвакуации зависит от типа системы оповещения, подготовленности человека к восприятию сообщения о пожаре, нахождения человека в состоянии сна или бодрствования, его физического состояния.

При эксплуатации объекта за счет организационно-технических мероприятий, в том числе оперативно-тактических занятий, должна обеспечиваться допустимая величина времени принятия решения о начале эвакуации:

$$t_{пр} = 0,8 \cdot t_{бл} - (t_p + t_{об} + t_{оп}) > 0 \quad (15)$$

Значение времени начала эвакуации  $t_{н.э}$  для помещения очага пожара следует принимать равным 0,5 мин. Для остальных помещений значение времени начала эвакуации  $t_{н.э}$  следует определять по таблице 4.

Таблица 4

Данные для определения расчетного времени эвакуации

№ п/п	Класс функциональной пожарной опасности зданий и характеристика контингента людей	Значение времени начала эвакуации людей $t_{н.э}$ , мин		
		Здания, оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей		Здания, не оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей
		I-II типа	III-V типа	
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 не достаточно знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	3,0	2,0	6,0



## Окончание таблицы 4

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

Время  $t_{\text{бл}}$  определяют как время, за которое ОФП превысили предельно допустимые значения на путях эвакуации людей. Допускается время блокирования  $t_{\text{бл}}$  принимать равны необходимому времени эвакуации  $t_{\text{нб}}$ .

Необходимое время рассчитывают как произведение критической для человека продолжительности пожара на коэффициент безопасности. При этом предполагается, что каждый опасный фактор пожара воздействует на человека независимо от других.

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты  $R_{\text{пз}}$ , направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей, рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{пз}} = 1 - (1 - R_{\text{обн}} \cdot R_{\text{соуз}}) \cdot (1 - R_{\text{обн}} \cdot R_{\text{пдз}}), \quad (16)$$

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

$R_{\text{соуз}}$  – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

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

$R_{\text{ПДЗ}}$  – условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Значение параметра  $R_{\text{ПДЗ}}$  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  $R_{\text{ПДЗ}} = 0,8$ .

Блок-схема проведения расчета индивидуального пожарного риска приведена на рис.3

Таким образом в качестве исходных данных по оценке эффективности инженерных средств противопожарной защиты допускается принимать следующие значения:  $R_{\text{ап}} = 0,9$ ;  $R_{\text{соуз}} = 0,8$ ;  $R_{\text{обн}} = 0,8$ ;  $R_{\text{ПДЗ}} = 0,8$ . В этом случае с учетом (16)  $R_{\text{п.з.}} = 0,87$ .

Условия выполнения критерия безопасности людей при пожаре для общественных многофункциональных зданий с учетом (13) и вышеизложенного можно представить в следующем виде

$$Q_{\text{п}} (1 - R_{\text{ап}}) (1 - 0,999) (1 - R_{\text{п.з.}}) \leq 10^{-6} \quad (17)$$

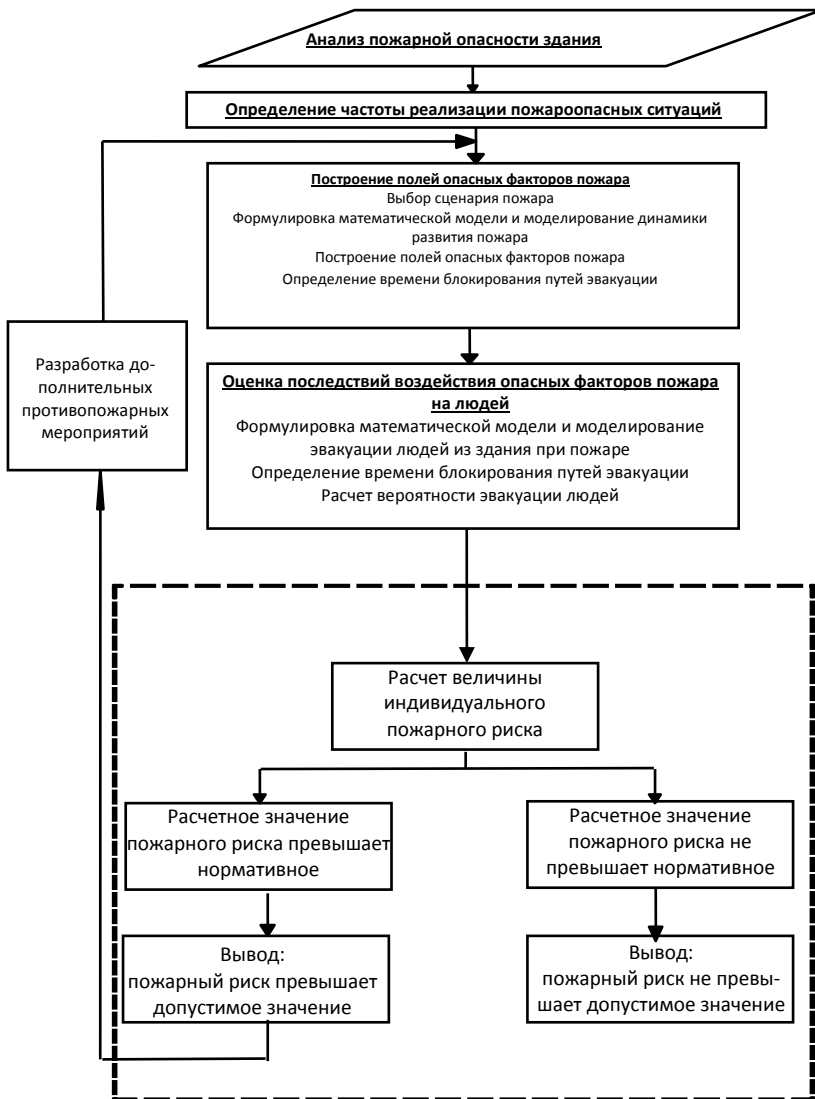


Рис. 3. Порядок проведения расчета индивидуального пожарного риска

Допустимая вероятность возникновения пожара на объекте должна быть в этом случае не более:

$$Q_n \leq \frac{10^{-6}}{(1-0,9)(1-0,999)(1-0,87)} = 0,077 \text{ год}^{-1} \quad (18)$$

Допустимая вероятность пожара для здания с принятыми выше параметрами системы противопожарной защиты составит

$$Q_n^{\text{доп}} = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$$

Расчетное (табличное) значение вероятности пожара в многофункциональном здании необходимо сравнить с допустимым значением вероятности пожара  $Q_n^{\text{доп}}$ .

При выполнении условия  $Q_n < Q_n^{\text{доп}}$  индивидуальный риск для людей на объекте находится на приемлемом уровне.

## 7. Основные расчетные величины и зависимости, используемые для оценки социального пожарного риска

При проведении расчета по оценке социального пожарного риска учитывается степень опасности для группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара, ведущих к гибели 10 человек и более.

Вероятность  $Q_{10}$  гибели 10 и более человек в результате пожара определяют по следующей формуле:

$$Q_{10} = \begin{cases} 0, & \text{если } (t_p + t_{нэ}) < t_{6л}; \\ 0, & \text{если } t_p < t_{6л} < (t_p + t_{нэ}), N < 10; \\ \frac{M-9}{M}, & \text{если } t_p < t_{6л} < (t_p + t_{нэ}), M \geq 10, \end{cases} \quad (19)$$

где  $M$  - максимально возможное количество погибших в результате пожара, чел.;

$N$  - количество работающих в объекте защиты (помещении, здании), чел.

$$M = N \cdot \frac{t_p + t_{нэ} - t_{6л}}{t_p} \quad (20)$$

Для зальных помещений вероятность  $Q_{10}$  гибели 10 и более человек рассчитывают по выражению:

$$Q_{10} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_p \leq t_{\text{бл}}; \\ 0, & \text{если } t_p \geq t_{\text{бл}} \text{ и } M < 10; \\ \frac{M-9}{M}, & \text{если } t_p \geq t_{\text{бл}} \text{ и } M > 10, \end{cases} \quad (21)$$

где  $M = N \cdot t_{\text{бл}}/t_p$

Вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течение года  $R_{10}$  рассчитывают по формуле

$$R_{10} = Q_n P_{\text{пр}} (1 - P_3) (1 - P_{\text{пз}}) Q_{10} \quad (22)$$

Для эксплуатируемых здании (сооружений) расчетное значение социального риска допускается проверять окончательно с использованием аналитических данных по формуле:

$$R_{10} = \frac{N_{10}}{T \cdot N_{\text{об}}}, \quad (23)$$

где  $N_{10}$  — число пожаров, повлекших за собой гибель 10 и более человек в течение периода наблюдения  $T$ , лет;

$N_{\text{об}}$  — число наблюдаемых объектов.

## **8. Определение расчетного времени эвакуации людей по упрощенной аналитической модели.**

Определение расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков включает следующие этапы:

- этап 1 – составление расчетной схемы эвакуации;
- этап 2 – выбор расчетных значений параметров для различных групп мобильности;
- этап 3 – определение времени эвакуации.

### **8.1. Принципы составления расчетной схемы эвакуации.**

Расчетная схема эвакуации представляет собой отдельно выполненную, или возможно нанесенную на план здания схему, на которой отражены:

- количество людей на начальных участках – источниках (проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т. п.);
- направление их движения (маршруты);
- геометрические параметры участков пути (длина, ширина) и виды участков пути.

Расчетная схема эвакуации должна учитывать ситуацию, при которой хотя бы один человек находится в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения или строения точке.

В расчетной схеме учитываются только те пути движения людей, которые отвечают требованиям, предъявляемым к путям эвакуации.

Рассмотрев количество людей на начальных участках пути, следует определить направление их движения. Установлены

следующие наблюдаемые правила выбора людьми направления (маршрута) движения при эвакуации:

- а) движение по тому пути, которым люди попали в здание;
- б) исключение путей движения, проходящих рядом с зоной горения, хотя люди могут эвакуироваться через задымленные коридоры;
- в) влияние персонала. В общественных зданиях, как правило, посетители при пожаре следуют указаниям персонала, даже если эти указания не соответствуют оптимальным;
- г) при эвакуации с первого этажа – движение к открытому выходу наружу из здания;
- д) сложная логистическая зависимость, описывающая выбор выхода с этажа зрительного зала (рис. 8);
- е) при прочих равных условиях – движение к ближайшему выходу.

Кроме того, имеющиеся данные показывают, что фактором выбора направления может быть место парковки личного автомобиля, место встречи членов семьи и т. п. Определение ширины пути вызывает затруднение только при выходе людей на участок «неограниченной» ширины, например в вестибюль. 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.

Согласно данным натурных наблюдений установлено, что повороты пути не влияют на параметры движения людского потока.

Определение длины (вдоль оси пути) отличается для горизонтальных и наклонных путей. К наклонным путям относятся лестницы и пандусы. Свободная ширина  $b$  наклонного пути, например, лестничного марша, принимается в свету: от перил до стены. Длина наклонного пути  $L$  (рис. 4) принимается по истинному его значению. Этажные и междуэтажные площадки в целях упрощения и облегчения вычислений, учитывая их неболь-



шие размеры и меньшую сложность движения по ним в сравнении с лестничными маршами, допускается отнести к наклонным путям. Тогда средняя длина наклонного пути в пределах одного этажа, с учетом движения по площадкам, составит:

$$\text{Для двухмаршевых лестниц } L = \frac{L'}{\cos \alpha}, \quad (24)$$

где  $L'$  – горизонтальная проекция длины наклонного пути, м;  
 $\alpha$  – угол наклона к горизонту.

Не допуская серьезной погрешности, длину пути по двухмаршевой лестнице можно принимать равной его утроенной высоте  $H$ , т.е.  $L = 3 \cdot H$ .

Для трехмаршевых лестниц

$$L = \frac{2L'}{\cos \alpha} + \frac{L''}{\cos \alpha} + L'' + 4 \cdot b \quad (25)$$

Пандусы, если их наклон незначителен (меньше 1:8), можно относить к горизонтальным путям, при более значительных наклонах – к лестницам. Длина наклонного пути также определяется по его оси.

Пути движения в пределах здания обычно пересекаются дверными проемами, декоративными порталами, имеют сужения за счет различных архитектурных или технологических элементов, выступающих из плоскости ограждений. Такие местные сужения независимо от их характера в дальнейшем называются проемами шириной  $b$ . Длина пути  $L$  в проеме может не учитываться, если она не превышает 0,7 м, т.е. длины одного шага, в противном случае движение в проеме следует рассматривать, как движение на самостоятельном расчетном участке горизонтального пути.



Рис. 4. Расчетная длина пути по лестнице:  
*a* – двухмаршевая лестница; *б* – трехмаршевая лестница

Лестничные клетки являются центрами тяготения людских потоков (для первого этажа – выходы наружу), на входе, в которые заканчивается второй этап эвакуации. Поэтому расчетные схемы целесообразно составлять для каждой части этажа, по которой люди эвакуируются через предусмотренную для них лестничную клетку (выход наружу). На рис. 5 приведен пример составления расчетной схемы эвакуации людей по части этажа до входа в лестничную клетку.

В зрительных залах с постоянными местами для посетителей распределение людей по направлениям движения к эвакуационным выходам показано на рис. 6 и 7.

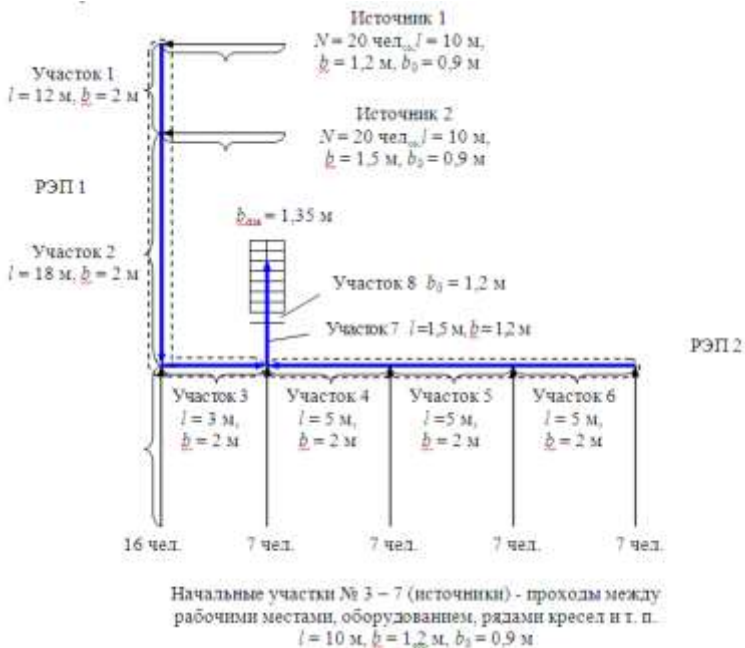


Рис. 5. Пример составления расчетной схемы эвакуации людей по части этажа до входа в лестничную клетку:  $N$  – количество людей;  $b$  – ширина;  $l$  – длина;  $b_0$  – ширина проема

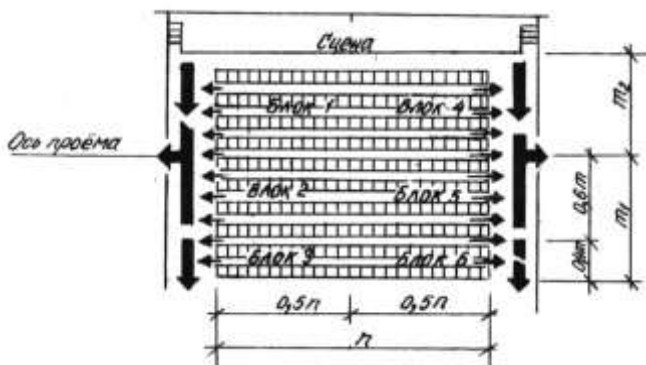


Рис. 6. Маршрутизация движения людских потоков при эвакуации из зрительных залов с боковыми (продольными) проходами

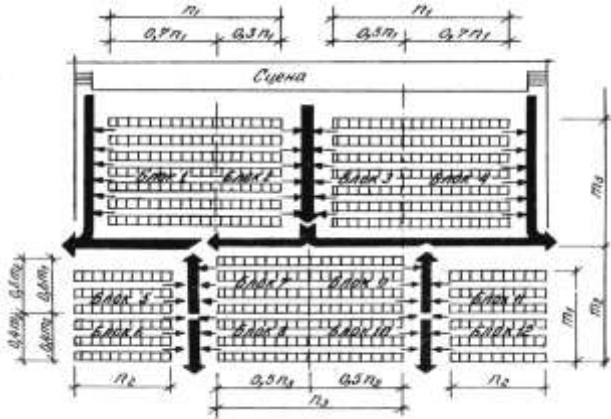


Рис. 7. Маршрутизация движения людских потоков при эвакуации из зрительных залов с поперечным проходом

Если в дальнейшем люди выходят в фойе или вестибюль, т.е. через помещения не ограничивающие, как коридор, ширины людского потока, то распределение людских потоков между возможными эвакуационными выходами, когда они не блокированы, происходит согласно закономерностям, приведенным на рис. 8, а, б.

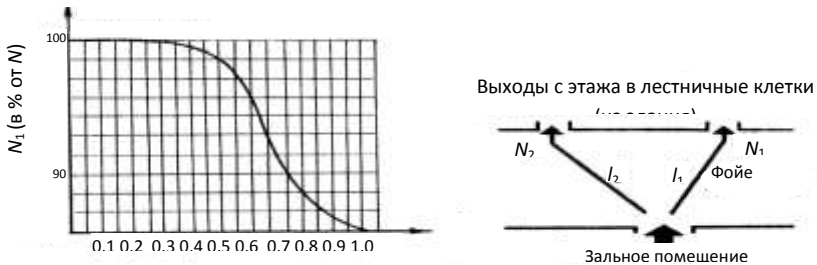


Рис. 8, а. Число зрителей и выбор выхода при эвакуации в две лестничные клетки либо в две открытые лестницы или в два выхода из здания:  $N$  – общее количество эвакуирующихся;  $N_1$  – число эвакуирующихся через ближний выход;  $N_2$  – число эвакуирующихся через дальний выход;  $l_1$  – длина пути до ближнего выхода;  $l_2$  – длина пути до дальнего выхода

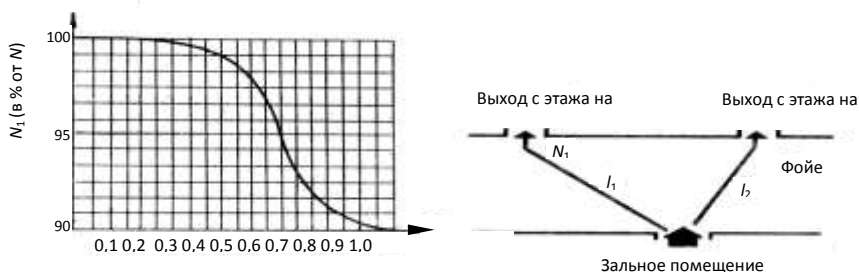


Рис. 8, б. Число зрителей эвакуирующихся по открытой лестнице:

$N$  – общее количество эвакуирующихся;  $N_1$  – число эвакуирующихся по открытой лестнице;  $l_1$  – длина пути до открытой лестницы;  $l_2$  – длина пути до выхода на лестничную клетку

## 8.2. Расчетные значения параметров для различных групп мобильности.

Общеизвестно, что в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (см. 3) могут находиться люди различных групп мобильности, скорость движения которых при эвакуации, а следовательно время их эвакуации будет зависеть от кинетики и плотности их движения по эвакуационным путям.

Значения величин плотности  $D$ , скорости  $V$  и интенсивности для однородного состава людского потока групп мобильности  $M_2$ ,  $M_3$  и  $M_4$  приведены в таблице 5.

Таблица 5

## Расчетные значения параметров для групп мобильности М2 – М4

Группа мобильности	Вид пути										
	$D, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный		Лестница вниз		Лестница вверх		Пандус вниз		Пандус вверх	
		$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}^2 \cdot \text{мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}^2 \cdot \text{мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}^2 \cdot \text{мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}^2 \cdot \text{мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}^2 \cdot \text{мин}$
М2	0,01	30,00	0,30	30,00	0,30	20,00	0,20	45,00	0,45	25,00	0,25
	0,05	30,00	1,50	30,00	1,50	20,00	1,00	45,00	2,25	25,00	1,25
	0,1	30,00	3,00	30,00	3,00	20,00	2,00	45,00	4,50	25,00	2,50
	0,2	26,05	5,21	26,22	5,24	16,78	3,36	41,91	8,38	21,98	4,40
	0,3	21,97	6,59	22,01	6,60	13,96	4,19	33,92	10,18	18,09	5,43
	0,4	19,08	7,63	19,03	7,61	11,96	4,78	28,25	11,30	15,32	6,13
	0,5	16,84	8,42	16,71	8,36	10,41	5,20	23,85	11,93	13,18	6,59
	0,6	15,01	9,01	14,82	8,89	9,14	5,48	20,26	12,16	11,43	6,86
	0,7	13,46	9,42	13,22	9,25	8,07	5,65	17,22	12,05	9,95	6,97
	0,8	12,12	9,69	11,83	9,47	7,14	5,71	14,59	11,67	8,67	6,94
	0,9	10,93	9,84	10,61	9,55	6,32	5,68	12,27	11,04	7,54	6,79
М3	0,01	70,00	0,70	20,00	0,20	25,00	0,25	105,00	1,05	55,00	0,55
	0,05	70,00	3,50	20,00	1,00	25,00	1,25	105,00	5,25	55,00	2,75
	0,1	70,00	7,00	20,00	2,00	25,00	2,50	105,00	10,50	55,00	5,50
	0,2	53,50	10,70	20,00	4,00	20,57	4,11	83,41	16,68	45,54	9,11
	0,3	43,57	13,07	16,67	5,00	17,05	5,12	65,70	19,71	35,59	10,68
	0,4	36,52	14,61	14,06	5,62	14,56	5,82	53,13	21,25	28,54	11,41
	0,5	31,05	15,53	12,04	6,02	12,62	6,31	43,39	21,69	23,06	11,53
	0,6	26,59	15,95	10,38	6,23	11,04	6,62	35,42	21,25	18,59	11,15
	0,7	22,81	15,97	8,98	6,29	9,70	6,79	28,69	20,08	14,81	10,37
	0,8	19,54	15,63	7,77	6,21	8,54	6,83	22,86	18,28	11,53	9,23
	0,9	16,65	14,99	6,70	6,03	7,52	6,77	17,71	15,94	8,64	7,78

Окончание таблицы 5

М4	0,01	60,0 0	0,60	–	–	–	–	115,00	1,15	40,0 0	0,40
	0,05	60,0 0	3,00	–	–	–	–	115,00	5,75	40,0 0	2,00
	0,1	60,0 0	6,00	–	–	–	–	115,00	11,50	40,0 0	4,00
	0,2	50,5 7	10,1 1	–	–	–	–	99,6 5	19,93	35,1 7	7,03
	0,3	40,8 4	12,2 5	–	–	–	–	79,8 8	23,97	28,3 6	8,51
	0,4	33,9 3	13,5 7	–	–	–	–	65,8 6	26,34	23,5 2	9,41
	0,5	28,5 8	14,2 9	–	–	–	–	54,9 8	27,49	19,7 7	9,89
	0,6	24,2 0	14,5 2	–	–	–	–	46,0 9	27,65	16,7 1	10,03

Примечание:

М2 – немощные люди, мобильность которых снижена из-за старения организма (инвалиды по старости); инвалиды на протезах; инвалиды с недостатками зрения, пользующиеся белой тростью; люди с психическими отклонениями;

М3 – инвалиды, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, палки);

М4 – инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную.

Площадь горизонтальной проекции человека  $f$ , м<sup>2</sup>/чел. принимается в зависимости от состава людей в потоке в соответствии с приведенными ниже данными (рис. 9)

Размеры людей изменяются в зависимости от физических данных, возраста и одежды. В таблицах 6, 7, 8 и на рисунке 10 приводятся усредненные размеры людей разного возраста, в различной одежде и с различным грузом. При этом приведены значения площади горизонтальной проекции инвалидов с нарушением опорно-двигательного аппарата.

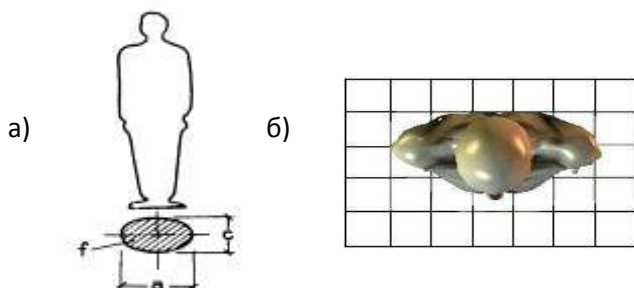


Рис. 9. Площадь горизонтальной проекции человека:  
а) расчетная; б) действительная

Таблица 6

Площади горизонтальной проекции взрослых людей

Тип одежды	Ширина а, м	Толщина с, м	Площадь горизонтальной проекции, м <sup>2</sup> /чел.
летняя	0,46	0,28	0,100
весенне-осенняя	0,48	0,30	0,113
зимняя	0,50	0,32	0,125

Таблица 7

Площади горизонтальной проекции детей и подростков

Тип одежды	Возрастные группы		
	Младшая до 9 лет	Средняя 10 – 13 лет	Старшая 14-16 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







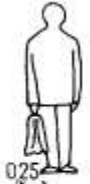
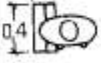



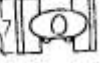





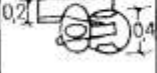





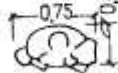



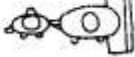




 	 	 	 	 
$f_{cp} = 0,29$	$f_{cp} = 0,26$	$f_{cp} = 0,18$	$f_{cp} = 0,24$	$f_{cp} = 0,36$
 	 	 	 	 
$f_{cp} = 0,38$	$f_{cp} = 0,26$	$f_{cp} = 0,39$	$f_{cp} = 0,39$	$f_{cp} = 0,39$
 	 	 	 	 
$f_{cp} = 0,29$	$f_{cp} = 0,20$	$f_{cp} = 0,32$	$f_{cp} = 0,26$	$f_{cp} = 0,18$

Рис. 10. Площадь горизонтальной проекции людей с различным грузом

Таблица 8

Площадь горизонтальной проекции людей с ограниченной мобильностью, м<sup>2</sup>/чел.

Здоровые люди, слабослышащие, ограниченном умственной деятельности	Слепые	С поражением опорно-двигательного аппарата					
		передвигающийся без дополнительных опор	передвигающийся с одной дополнительной опорой	передвигающийся с двумя дополнительными опорами	передвигающийся на креслах-колясках	транспортируемые на носилках	транспортируемые на каталках
1	2	3	4	5	6	7	8
							
							
$\alpha = 0,28$	$a_1 = 0,72$	$a_2 = 0,40$	$a_3 = 0,50$	$a_4 = 0,50$	$a_5 = 0,80$	$b_1 = 0,50$	$b_2 = 0,75$
$c = 0,46$	$c_1 = 0,82$	$c_2 = 0,75$	$c_3 = 0,65$	$c_4 = 0,90$	$c_5 = 1,20$	$l_1 = 2,10$	$l_2 = 2,10$
$f = 0,10$	$f = 0,40$	$f = 0,25$	$f = 0,20$	$f = 0,30$	$f = 0,96$	$f = 1,05$	$f = 1,58$

### 8.3. Аналитические соотношения для определения критической продолжительности пожара

Для одиночного помещения высотой не более 6 м, удовлетворяющего условиям применения интегральной модели, при отсутствии систем противопожарной защиты, влияющих на развитие пожара, допускается определять критические времена по каждому из опасных факторов пожара с помощью аналитических соотношений:

по повышенной температуре

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ I + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}, \quad (26)$$

по потере видимости

$$t_{кр}^{n.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ I - \frac{V_{св} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (27)$$

по пониженному содержанию кислорода

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ I - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V_{св}} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (28)$$

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

$$t_{\text{кр}}^{\text{т.г}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{\text{св}} \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (29)$$

где  $B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H}$  – размерный комплекс, зависящий от

теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;

$t_0$  – начальная температура воздуха в помещении, °С;

$n$  – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;

$A$  – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг/с <sup>$n$</sup> ;

$Z$  – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;

$Q_H$  – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг (Приложение Б);

$C_p$  – удельная изобарная теплоемкость газа, МДж/кг (Приложение В);

$\varphi$  – коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,3);

$\eta$  – коэффициент полноты горения (определяется по формуле 33);

$V_{\text{св}}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>. Допускается принимать 80 % от геометрического объема;

$\alpha$  – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

$E$  – начальная освещенность, лк;

$I_{\text{пр}}$  – предельная дальность видимости в дыму, м;

$D_m$  – дымообразующая способность горящего материала, Нп·м<sup>2</sup>/кг (Приложение Б);

$L$  – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;

$X$  – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг м<sup>-3</sup> ( $X_{\text{CO}_2} = 0,11$  кг/м<sup>3</sup>;  $X_{\text{CO}} = 1,16 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>;  $X_{\text{HCL}} = 23 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>);

$L_{\text{O}_2}$  – удельный расход кислорода, кг/кг.

Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный ОФП не представляет опасности.

Параметр  $Z$  вычисляют по формуле:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) \quad \text{при } H \leq 6 \text{ м}, \quad (30)$$

где  $h$  – высота рабочей зоны, м;

$H$  – высота помещения, м.

Высота рабочей зоны определяется по зависимости:

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \quad (31)$$

где  $h_{\text{пл}}$  – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м;

$\delta$  – разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Величину  $C_p$  обычно находят по таблицам, в которых значения теплоемкостей приводятся для интервалов температур с началом отсчета 0 °С. Тогда среднюю теплоемкость для интервала температур от  $t_1$  до  $t_2$  можно определить по формуле:

$$\left|C_p\right|_{t_1}^{t_2} = \frac{\left|C_p\right|_0^{t_2} \cdot t_2 - \left|C_p\right|_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1} \quad (32)$$

Формула (32) позволяет вычислить средние теплоемкости при нелинейной зависимости теплоемкости от температуры.

Для нахождения средней теплоемкости можно использовать и уравнения, основанные на линейной зависимости теплоемкости от температуры, т.е.  $C = f(t)$ . Линейные зависимости, позволяющие определить среднюю теплоемкость при изменении температуры от 0 °С до заданной для многих газов может быть определена по выражению:

$$\left| C_p \right|_0^t = a_1 + b_1(t_0 + t), \quad (33)$$

где  $a$  и  $b$  – постоянные коэффициенты, зависящие от природы газа.

Коэффициент полноты горения  $\eta$  определяется по формуле :

$$\eta = \eta_a \cdot K + (1 - K) \cdot \frac{X_{ox,a} \cdot G_a}{\Psi \cdot L_{ox}}, \quad (34)$$

где  $\eta_a$  – коэффициент полноты горения в режиме пожара, регулируемом горючей нагрузкой, определяемый по формуле:

$$\eta_a = 0,63 + 0,2 \cdot X_{ox,a} + 1500 \cdot X_{ox,a}^6 \quad (35)$$

Коэффициент  $K$  рассчитывается по формуле:

$$K = \left( \frac{X_{ox,m}}{X_{ox,a}} \right)^B \exp \left( B \cdot \left( 1 - \frac{X_{ox,m}}{X_{ox,a}} \right) \right), \quad (36)$$

где  $B = \left( \frac{X_{ox,a}}{X_{ox,a} - 0,01} \right)^2$  ;

$X_{\text{ox},a}$  – начальная концентрация кислорода в помещении очага пожара;

$X_{\text{ox},m}$  – текущая концентрация кислорода в помещении очага пожара;

$\Psi$  – скорость выгорания пожарной нагрузки, зависящей от вида развития пожара, кг/с;

$L_{\text{ox}}$  – количество кислорода поглощающегося при сгорании одного килограмма пожарной нагрузки, кг/кг.

Скорость выгорания твердых и жидких материалов есть не что иное, как скорость поступления летучих веществ с поверхности горючих материалов (ГМ) в пламенную зону. Необходимо отметить, что летучие вещества есть горючие газы, которые образуются в результате термического разложения твердых ГМ (процесс пиролиза) или в результате испарения жидких ГМ. Таким образом, скорость выгорания твердых и жидких материалов есть величина, равная расходу горючих газов, поток которых с поверхности ГМ возникает в результате процессов термического разложения или испарения. Если ГМ представляет собой газообразное вещество (метан, пропан и т.д.), поступающее в помещение из отверстий в стенках трубопроводов или аппаратов, то скорость выгорания этого газа равна его расходу из отверстий и не зависит от природы этого газа.

Массовая скорость выгорания  $\Psi$  зависит не только от свойств горючего материала. Скорость выгорания вещества в помещении может отличаться от его скорости выгорания и тепловыделения на открытом пространстве. Возможны два предельных режима горения материала в помещении.

Первый режим выгорания горючих материалов характеризуется наличием достаточного количества кислорода (воздуха). При таком режиме горение материала в помещении аналогично горению его на открытом воздухе. Режим пожара в этом случае называют пожаром, регулируемым нагрузкой (ПРН).

Второй предельно возможный режим выгорания горючего материала характеризуется тем, что кислорода в помещении мало и скорость тепловыделения лимитируется количеством поступающего извне кислорода (воздуха). Режим пожара в этом случае называют пожаром, регулируемым вентиляцией (ПРВ).

В реальных условиях в процесс развития пожара один режим выгорания может переходить в другой, т.е. вслед за ПРН наступает ПРВ и наоборот. Между ПРН и ПРВ имеют место промежуточные режимы.

Следует отметить, что скорость выгорания материала в определенной степени зависит от температуры газовой среды в помещении.

Скорость выгорания при ПРН вычисляется по формуле (6).

Если горючим веществом является жидкость, площадь горения полагается равной площади ее зеркала.

Площадь горения ТГМ вычисляется на основе экспериментальных данных о линейной скорости распространения пламени. В частности, при круговом распространении используется следующая формула:

$$F = \pi \cdot V \cdot t^2, \quad (37)$$

где  $V$  – скорость распространения пламени, м/с.

Для определения вида возможного пожара в помещении (ПРН или ПРВ) необходимо:

- определить объем помещения  $V$ , м<sup>3</sup>;
- рассчитать проемность помещений  $\Pi$ , м<sup>0,5</sup>, объемом  $V \leq 10\text{ м}^3$

$$\Pi = \sum A_i h_i^{0,5} / V^{0,667}, \quad (38)$$

для помещений с  $V > 10 \text{ м}^3$

$$\Pi = \sum A_i h_i^{0,5} / S, \quad (39)$$

где  $\sum A_i$  – суммарная площадь проемов помещения, м<sup>2</sup>;

$h_i$  – высота  $i$ -го проема помещения, м;

$S$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>.

- выбрать из справочной литературы количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг материала  $i$ -й пожарной нагрузки  $V_{oi}$ , м<sup>3</sup>/кг;



- рассчитать количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг материала пожарной нагрузки

$$V_0 = \frac{\sum V_{0i} P_i}{\sum P_i}, \quad (40)$$

где  $P_i$  – общее количество пожарной нагрузки  $i$ -го компонента твердых горючих и трудногорючих материалов, кг;

- определить удельное критическое количество пожарной нагрузки  $q_{кр.к}$ , кг/м<sup>2</sup>, для кубического помещения объемом  $V$ , равным объему исследуемого помещения

$$q_{кр.к} = \frac{4500\Pi^3}{1 + 500\Pi^3} + \frac{V^{0,333}}{6V_0}. \quad (41)$$

- вычислить удельное значение пожарной нагрузки  $q_k$ , кг/м<sup>2</sup>, для исследуемого помещения

$$q_k = \frac{\sum P_i Q_{Hi}^P}{(6S - A)Q_{Hi}^P}, \quad (42)$$

где  $A = \sum A_i$  – суммарная площадь проемов помещения, м<sup>2</sup>;  
 $S$  – площадь пола помещения, равная  $V^{0,667}$ ;  
 $Q_{Hi}^P$  – низшая теплота сгорания  $i$ -го компонента материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

- сравнить значения  $q_k$  и  $q_{кр.к}$ . Если  $q_k < q_{кр.к}$ , то в помещении будет пожар, регулируемый нагрузкой (ПРН); если  $q_k \geq q_{кр.к}$ , то в помещении будет пожар, регулируемый вентиляцией (ПРВ).

Предельно допустимая дальность видимости в дыму  $L_{пр}$ , м, в обычных условиях связана с оптической плотностью дыма  $\mu$ , Нп·м<sup>-1</sup>, зависимостью

$$L_{пр} = 2,38/\mu \quad (43)$$

Следует иметь в виду, что наибольшей опасности при пожаре подвергаются люди, находящиеся на более высокой отметке. Поэтому, например, при определении необходимого времени эвакуации людей из партера зрительного зала с наклонным полом значение  $h$  следует находить, ориентируясь на наиболее высоко расположенные ряды кресел. Параметры  $A$  и  $n$  вычисляют так:

при горении жидкости с установившейся скоростью:

$$A = \psi_{yd} \cdot F, \quad \text{при } n=1, \quad (44)$$

где  $\psi_{yd}$  – удельная массовая скорость выгорания жидкости, кг/(м<sup>2</sup>·с);

при горении жидкости с неустановившейся скоростью:

$$A = 0,67 \cdot \psi_{yd} \cdot F / \sqrt{t_{cm}}, \quad \text{при } n=1,5 \quad (45)$$

для кругового распространения пожара:

$$A = 1,05 \cdot \psi_{yd} \cdot V^2, \quad \text{при } n=3, \quad (46)$$

где  $V$  – линейная скорость распространения пламени, м/с;

Для вертикальной или горизонтальной поверхности горения в виде прямоугольника, одна из сторон которого увеличивается в двух направлениях за счет распространения пламени (например, распространение огня в горизонтальном направлении по занавесу после охвата его пламенем по всей высоте):

$$A = \psi_{yd} \cdot V \cdot b, \quad \text{при } n=2, \quad (47)$$

где  $b$  – перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м.

При отсутствии специальных требований значения  $\alpha$  и  $E$  принимаются равными 0,3 и 50 лк соответственно, а значение  $l_{np}=20$  м.

Из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара выбирают минимальное:

$$t_{кр} = \min(t_{кр}^m, t_{кр}^{n.в}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{m.э})$$

Необходимое время эвакуации людей  $t_{нб}$ , мин, из рассматриваемого помещения рассчитывают по формуле:

$$t_{нб} = 0,8 t_{кр}/60 \quad (48)$$

При расположении людей на различных по высоте площадках необходимое время эвакуации необходимо определять для каждой площадки.

Свободный объем помещения определяется как разность между геометрическим объемом и объемом оборудования или предметов, находящихся внутри. Если рассчитать свободный объем невозможно, то допускается принимать его равным 80% геометрического объема.

При проектировании зальных помещений необходимое время эвакуации (для обеспечения ее своевременности) с учетом их объема и расстояний от наиболее удаленной точки зала до ближайшего эвакуационного выхода следует принимать по таблицам 9 и 10.

Пути эвакуации из спортивных залов с трибунами для зрителей и других зрительных залов в зданиях класса пожарной опасности С0 должны обеспечивать эвакуацию за необходимое время, приведенное в таблице 9.

При объеме зального помещения  $W$  более 60 тыс. м<sup>3</sup> необходимое время эвакуации из него следует определять по формуле

$$t_{нбз} = 0,115 \sqrt[3]{W} \quad (49)$$

но не более 6 мин.

Таблица 9

## Необходимое время эвакуации людей из зальных помещений

Назначение залов	Объём залов, тыс. м <sup>3</sup>			Степень огнестойкости здания	
	Расстояние, не более, м / необходимое время эвакуации, не более, мин				
	до 5	св. 5 до 10	св. 10		
1. Залы ожиданий для посетителей, кассовые, выставочные, танцевальные, отдыха и т.п.	30/2,0	45/3,0	55/3,5	I, II	
	20/1,5	30/2,0	-	III, IV	
	15/1,0	-	-	V	
2. Обеденные, читальные - при площади каждого основного прохода из расчета не менее 0,2 м <sup>3</sup> на каждого эвакуирующегося по нему человека	65/2,0	-	-	I, II	
	45/1,5	-	-	III, IV	
	30/1,0	-	-	V	
3. Торговые при площади основных эвакуационных проходов, % площади зала:	25 и более	70/1,5	90/2,0	100/2,5	I, II
		50/1,0	60/1,5	-	III, IV
		35/0,8	-	-	V
	менее 25	35/1,5	40/2,0	50/2,5	I, II
		20/1,0	30/1,5	-	III, IV
		15/0,7	-	-	V

Необходимое время эвакуации, рассчитанное по формуле (49), должно уменьшаться на 35% при расположении эвакуационных выходов на половине высоты помещения и на 65% при их расположении на высоте, составляющей 0,8 высоты зального помещения. При промежуточных или меньших значениях необходимое время следует принимать по интерполяции, а при больших – по экстраполяции.

Необходимое время эвакуации людей со сцены (эстрады) следует принимать не более 1,5 мин, а число эвакуируемых людей определять из расчета 1 чел. на 2 м<sup>2</sup> площади планшета сцены (эстрады).

Таблица 10

Необходимое время эвакуации людей из зальных помещений с колосниковой сценой и без нее

Назначение залов	Необходимое время эвакуации, не более, мин, при объеме помещения*, тыс. м <sup>3</sup>				
	до 5	10	20	40	60
Зрительные залы в театрах, клубах, домах культуры и другие залы с колосниковой сценой	1,5	2	2,5	2,5	-
Зрительные, концертные, лекционные залы и залы собраний, выставочные залы и другие залы без колосниковой сцены (кинотеатры, крытые спортивные сооружения, цирки, столовые и др.)	2	3	3,5	4	4,5
<p>*При промежуточных объемах необходимое время эвакуации следует определять по интерполяции.</p> <p>Примечания: 1. Необходимое время эвакуации людей с балконов, а также с трибун, размещённых выше отметки, равной половине высоты помещения, уменьшается вдвое по сравнению с данными, приведенными в таблице.</p> <p>2. Время эвакуации людей из залов и фойе или коридоров, обслуживающих залы, принимается равным необходимому времени эвакуации людей из залов, приведенному в таблице, увеличенному на 1 мин. При этом следует учитывать, что эвакуация людей из залов и фойе или коридоров начинается одновременно.</p> <p>3. Необходимое время эвакуации людей из помещений зданий III и IV степеней огнестойкости, приведенное в таблице, уменьшается на 30%, а из помещений зданий V степени огнестойкости – на 50%.</p>					

Время эвакуации по незадымленным лестничным клеткам в расчет времени эвакуации из здания  $t_{\text{нбзд}}$  не следует принимать.

#### 8.4. Определение расчетного времени эвакуации людей по упрощенной аналитической модели

Расчетное время эвакуации  $t_p$  определяют при максимальной возможной расчетной численности людей в объекте защиты на основе модели движения людей при эвакуации.

Расчетное время эвакуации людей  $t_p$  из помещений и зданий устанавливают 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 подразделяют на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной  $l_i$  и шириной  $\delta_i$ . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п.

При определении расчетного времени длину и ширину каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий и сооружений принимают по проекту, а для построенных – по факту. 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  $t_p$  следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути  $t_i$  по формуле

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (50)$$

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

$t_2, t_3, t_4, \dots, t_i$  – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути  $t_1$ , мин, рассчитывают по формуле

$$t_1 = l_1/v_1 \quad (51)$$

где  $l_1$  – длина первого участка пути, м;  
 $v_1$  – скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин (определяют по таблице 11 в зависимости от плотности потока  $D$ ).

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

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1} \quad (52)$$

где  $N_1$  – число людей на первом участке, чел;  
 $f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м<sup>2</sup>/чел. (см. п. 8.2);

$\delta_1$  – ширина первого участка пути, м.

Плотность потока  $D$  (м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>) характеризует размещение людей на участке эвакуационного пути и степень свободы их перемещения в потоке.

Скорость  $v_1$  движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимают по таблице 11 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

$$q_i = \frac{q_{i-1} \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (53)$$

где  $\delta_i, \delta_{i-1}$  – 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  $q = q_{i-1}$  определяют по таблице 11 по значению  $D_1$ , установленному по формуле 52].

Интенсивность движения  $q$  (м/мин) характеризует кинетику движения и численно равна количеству людей, прошедших через поперечное сечение пути единичной ширины в единицу времени.

Если значение  $q_i$  определяемое по формуле (53), меньше или равно  $q_{\max}$ , то время движения по участку пути  $t_i$ , мин, равно:

$$t_i = l_i / v_i, \quad (54)$$

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 (53), больше  $q_{\max}$  то ширину  $\delta_i$  данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие

$$q_i \leq q_{\max} \quad (55)$$

При невозможности выполнения условия (55) интенсивность и скорость движения людского потока по участку  $i$  определяют по таблице 11 при значении  $D = 0,9$  и более. При этом необходимо учитывать время задержки движения людей из-за образовавшегося их скопления.



Таблица 11

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

Плотность потока $D, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность $q, \text{ м/мин}$	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость $V, \text{ в/мин}$	Интенсивность $q, \text{ м/мин}$		Скорость $V, \text{ м/мин}$	Интенсивность $q, \text{ м/мин}$	Скорость $V, \text{ м/мин}$	Интенсивность $q, \text{ м/мин}$
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  $q = 2,5 + 3,75 \cdot \delta$ .

Время задержки  $t_3$  движения на участке  $i$  из-за образовавшегося скопления людей на границе с последующим участком  $(i+1)$  определяется по формуле:

$$t_3 = N \cdot f \cdot \left( \frac{1}{q_{\text{при}D=0,9} \cdot b_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot b_i} \right), \quad (56)$$

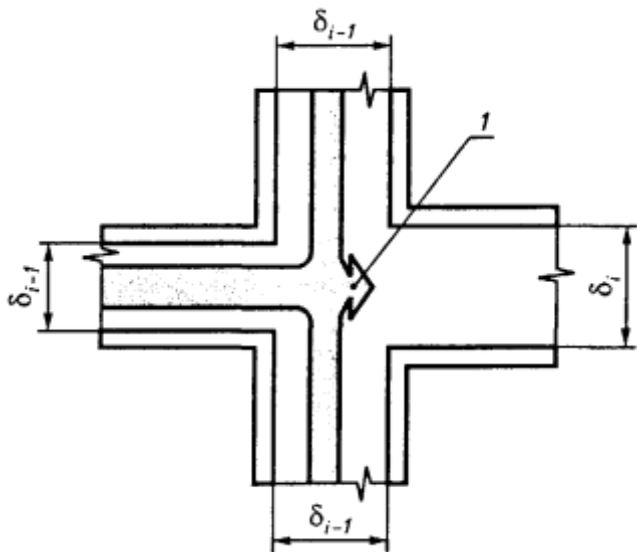
где  $N$  – количество людей, чел.;  
 $f$  – площадь горизонтальной проекции,  $\text{м}^2$ ;  
 $q_{\text{при}D=0,9}$  - интенсивность движения через участок  $i+1$  при плотности 0,9 и более, м/мин;  
 $b_{i+1}$  – ширина участка, м, при вхождении на который образовалось скопление людей;  
 $q_{i+1}$  - интенсивность движения на участке  $i$ , м/мин;  
 $b_i$  - ширина предшествующего участка  $i$ , м.

Время существования скопления  $t_{\text{ск}}$  на участке  $i$  определяется по формуле:

$$t_{\text{ск}} = \frac{N \cdot f}{q_{\text{при}D=0,9} \cdot b_{i+1}}. \quad (57)$$

Расчётное время эвакуации по участку  $i$ , в конце которого на границе с участком  $(i+1)$  образовалось скопление людей равно времени существования скопления  $t_{\text{ск}}$ . Расчётное время эвакуации по участку  $i$  допускается определять по формуле:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i} + t_3. \quad (58)$$



1 — начало участка  $i$

Рис. 11. Слияние людских потоков

При слиянии в начале  $i$ -го участка двух и более людских потоков (рис. 11) интенсивность движения  $q_i$ , м/мин, рассчитывают по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (59)$$

где  $q_{i-1}$  — интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале  $i$ -го участка, м/мин;  
 $\delta_{i-1}$  — ширина участков пути слияния, м;  
 $\delta_i$  — ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (59), больше  $q_{\max}$ , то ширину  $\delta_i$  данного участка пути следует увеличивать на

такое значение, чтобы соблюдалось условие (55). В этом случае время движения по участку  $i$  определяют по формуле (54).

Для расчета путей эвакуации число покупателей, одновременно находящихся в торговом зале согласно СП 1.13130.2009, следует принимать из расчета на одного человека:

- для магазинов – 3 м<sup>2</sup> площади торгового зала, включая площадь, занятую оборудованием;
- для рынков – 1,6 м<sup>2</sup> торгового зала рыночной торговли.

Согласно ППБ-01-03 (п.43) число людей, одновременно находящихся в залах (помещениях) зданий и сооружений с массовым пребыванием людей (помещения с одновременным пребыванием 50 и более человек – зрительные, обеденные, выставочные, торговые, биржевые, спортивные, культовые и другие залы), не должно превышать количества, установленного нормами проектирования или определенного расчетом (при отсутствии норм проектирования), исходя из условия обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре.

При определении максимально допустимого количества людей в помещении в указанных выше случаях следует принимать расчетную площадь, приходящуюся на одного человека, в размере 0,75 м<sup>2</sup>. При этом размеры путей эвакуации и эвакуационных выходов должны обеспечивать эвакуацию людей за пределы залных помещений в течение необходимого времени эвакуации людей.

СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения» (п. 5) все помещения в зданиях административного назначения подразделяет на восемь функциональных групп, а именно:

- а) кабинеты руководства;
- б) рабочие помещения структурных подразделений учреждений и организаций;
- в) помещения для совещаний и (или) конференц-залы;

г) помещения информационно-технического назначения, в том числе: технические библиотеки, проектные кабинеты, архивы, помещения информационно-вычислительной техники и др. в зависимости от задания на проектирование;

д) входная группа помещений, в том числе: вестибюль, аванвестибюль, гардероб, бюро пропусков, помещение охраны;

е) помещения социально-бытового обслуживания, в том числе: помещения предприятий общественного питания, медицинского обслуживания, санитарные узлы, бытовые помещения для обслуживающего и эксплуатационного персонала, спортивно-оздоровительные помещения и др.;

ж) помещения технического обслуживания здания, в том числе: ремонтные мастерские, кладовые различного назначения и т.п.;

з) помещения для инженерного оборудования, в том числе: венткамеры, электрощитовые и т.п.

Состав помещений, их площадь и функциональная взаимосвязь в зданиях учреждений определяются заказчиком в задании на проектирование и (или) в соответствии с расчетными нормативами, приведенными в приложении Д СНиП 31-05-2003, или сводах правил по проектированию различных видов зданий. Состав помещений функциональных групп а - г и ж в учреждениях устанавливается в задании на проектирование, а их площадь определяется ведомственными или технологическими нормативами, при этом следует учитывать, что на одного работника в помещениях функциональной группы б должно приходиться не менее  $6 \text{ м}^2$  без учета площади, предназначенной для размещения оргтехоснастки. Состав, оборудование, в том числе количество сантехприборов и площади помещений функциональных групп д и е, определяются с учетом норм, установленных СНиП 31-06-2009 и СНиП 2.09.04, отдельные извлечения из которых приведены в приложении Г к данному пособию.

## Примеры решения задач по определению расчетных параметров эвакуации людей и пожарного риска

**Пример 1.** Пересечение границы смежного участка пути.

По горизонтальному участку длиной  $l_i = 10$  метров и шириной  $b_i = 2$  метра движется людской поток в количестве 32 человек. Поток составляют взрослые люди, одетые в зимнюю одежду. Требуется определить параметры движения людского потока на последующем горизонтальном участке пути  $i+1$  шириной  $b_{i+1} = 1,5$  метра и длиной  $l_{i+1} = 10$  метров. Также необходимо определить расчетное время движения людей по обоим участкам пути.

Схема расчетной ситуации приведена на рис. 12:

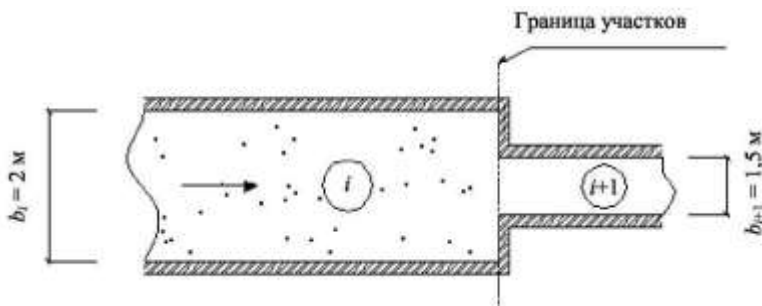


Рис. 12 Пересечение границы смежного участка пути

### Порядок решения

1. Определяем по формуле 52 и по таблицам 6 и 11 параметры движения людского потока на  $i$ -м участке:

$$D_i = \frac{N_i \cdot f}{l_i \cdot \delta_i} = \frac{32 \cdot 0,125}{10 \cdot 2} = 0,2 \text{ м}^2 / \text{м}^2 ,$$

$q_i = 12,0$  м/мин;  $V_i = 60$  м/мин

Время движения на участке  $i$  определяем по формуле 51:

$$t_i = l_i / V_i = 10 / 60 = 0,17 \text{ мин}$$

2. Определяем по формуле 53 и по таблице 11 параметры движения людского потока на последующем ( $i+1$ ) горизонтальном участке:

$$q_{i+1} = \frac{q_i \cdot \delta_i}{\delta_{i+1}} = \frac{12,0 \cdot 2}{1,5} = 16 \text{ м / мин}$$

В связи с тем, что  $q_{i+1} = 16,0 \text{ м/мин} < q_{\max} = 16,5 \text{ м/мин}$ , следовательно, движение происходит беспрепятственно. Значению  $q_{i+1} = 16 \text{ м/мин}$  соответствует значение плотности людского потока  $D_{i+1} = 0,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  и скорость движения  $V_{i+1} = 40 \text{ м/мин}$  (табл. 11).

Время движения на участке  $i+1$  определяем по формуле 51:

$$t_{i+1} = l_{i+1}/V_{i+1} = 10 / 40 = 0,25 \text{ мин}$$

3. Определяем по формуле 50 расчетное время движения людей по обоим участкам пути:

$$t_p = t_i + t_{i+1} = 0,17 + 0,25 = 0,42 \text{ мин}$$

### **Пример 2.** Слияние людских потоков

По горизонтальному участку  $i$  длиной 10 метров и шириной  $b_i = 2$  метра движется к границе участка  $i+1$  людской поток в количестве 30 человек. Одновременно к этой же границе движется людской поток в количестве 15 человек по участку  $j$  шириной  $b_j = 1,5$  метра и длиной  $l_j = 10$  метров. Поток составляют взрослые люди, одетые в летнюю одежду. Требуется определить параметры движения людского потока на последующем участке пути  $i+1$  шириной  $b_{i+1} = 2$  метра и длиной  $l_{i+1} = 5$  метров. Также необходимо определить расчетное время движения людей.

Схема расчетной ситуации приведена на рис. 13:

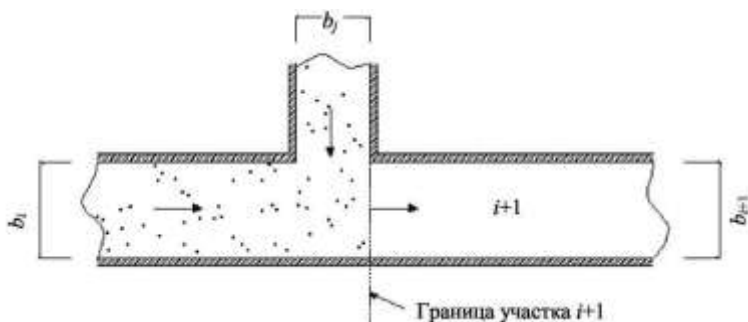


Рис. 13 Слияние людских потоков

### Порядок решения

1. Определяем по формуле 52 и таблицам 6 и 11 параметры движения людского потока на  $i$ -м участке:

$$D_i = \frac{N_i \cdot f}{l_i \cdot \delta_i} = \frac{30 \cdot 0,1}{10 \cdot 2} = 0,15 \text{ м / мин}$$

$$q_i = 10 \text{ м/мин}; V_i = 70 \text{ м/мин}$$

Время движения на участке  $i$  определяем по формуле 51:

$$t_i = l_i / V_i = 10 / 70 = 0,14 \text{ мин}$$

2. Определяем по формуле 52 и таблицам 6 и 11 параметры движения людского потока на  $j$ -м участке:

$$D_j = \frac{N_j \cdot f}{l_j \cdot \delta_j} = \frac{15 \cdot 0,1}{10 \cdot 1,5} = 0,1 \text{ м / мин}$$

$$q_j = 8 \text{ м/мин}; V_j = 80 \text{ м/мин}$$

Время движения на участке  $j$  определяется по формуле 51:

$$t_j = l_j / V_j = 10 / 80 = 0,125 \text{ мин}$$

3. Интенсивность движения на участке  $i+1$  с учетом слияния людских потоков определяем по формуле 59:



$$q_{i+1} = \frac{q_i \cdot \delta_i + q_j \cdot \delta_j}{\delta_i} = \frac{10 \cdot 2 + 8 \cdot 1,5}{2} = 16 \text{ м/мин}$$

В связи с тем, что  $q_{i+1} = 16,0 \text{ м/мин} < q_{\max} = 16,5 \text{ м/мин}$ , следовательно, движение происходит беспрепятственно. Значению интенсивности движения  $q_{i+1} = 16,0 \text{ м/мин}$  соответствует значение плотности людского потока  $D_{i+1} = 0,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , значение скорости составляет  $40 \text{ м/мин}$  (табл. 11).

Время движения на участке  $i+1$  определяется по формуле 51:

$$t_{i+1} = l_{i+1}/V_{i+1} = 5 / 40 = 0,125 \text{ мин}$$

4. Определяем по формуле 50 расчетное время  $t_p$  движения людей.

Из наилучших условий эвакуации сравниваем временные значения слившихся участков  $i$  и  $j$ . Для расчета  $t_p$  принимаем участки  $i$  и  $i+1$ , так как  $t_i > t_j$ .

На основании вышеизложенного расчетное время определяется:

$$t_p = t_i + t_{i+1} = 0,14 + 0,125 = 0,265 \text{ мин}$$

**Пример 3.** Определение количества людей, формирующих скопление и время их эвакуации.

Трехэтажное здание общественного назначения. Количество эвакуирующихся людей в случае пожара составляет по 40 человек на третьем и втором этаже.

Параметры движения людей на этажах следующие: длина горизонтальных участков пути до входа в лестничную клетку  $l_{\text{эт}} = 10 \text{ м}$ , ширина основного прохода  $\delta_{\text{пр}} = 2 \text{ м}$ , ширина выхода с этажа в лестничную клетку  $\delta_{\text{эт}} = 1,2 \text{ м}$ , высота этажа  $h_{\text{эт}} = 3,3 \text{ м}$ , ширина лестничного марша  $\delta_{\text{л}} = 1,35 \text{ м}$ .

Эвакуирующиеся одеты в летнюю одежду. Лестница двухмаршевая.

Требуется определить количество людей, которые будут формировать скопление людей и время эвакуации людей с этажа. Исходные данные представлены на рис. 14.

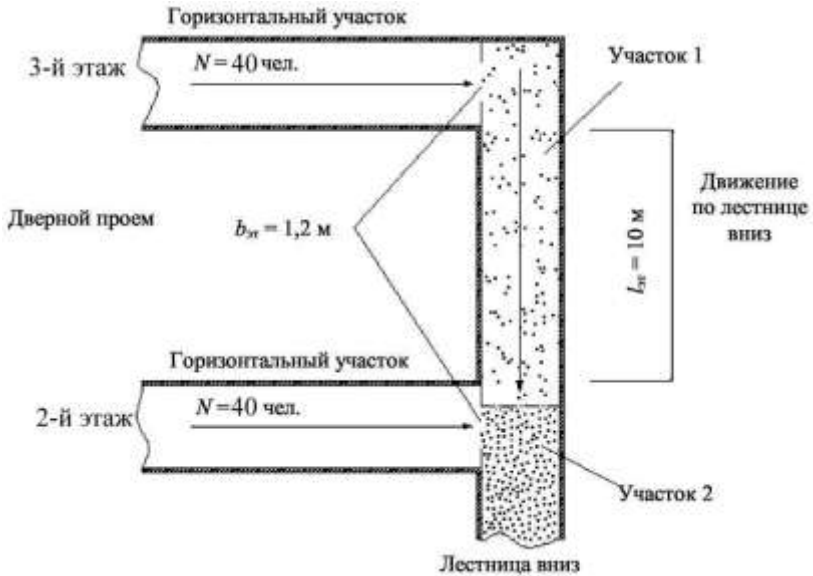


Рис. 14 Исходная ситуация

### Порядок решения

1. Определяем по (52) плотность и табл. 11 интенсивность движения людей по основному проходу горизонтального участка пути:

$$D_{\text{эт}} = \frac{N_1 \cdot f}{l_{\text{эт}} \cdot \delta_{\text{пр}}} = \frac{40 \cdot 0,1}{18 \cdot 2} = 0,11 \text{ м}^2/\text{м}^2; q_{\text{эт}} = 8,4 \text{ м}/\text{мин}$$

2. Определяем по (53) интенсивность выхода людей с этажа в лестничную клетку:

$$q_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{эт}} \cdot \delta_{\text{пр}}}{\delta_{\text{эт}}} = \frac{8,4 \cdot 2}{1,2} = 14 \text{ м}/\text{мин}$$

3. Определяем по (52, 51) и табл.11 параметры движения людского потока на участке 1 по лестнице вниз:

$$q_{л} = \frac{q_{np} \cdot \delta_{np}}{\delta_{л}} = \frac{14 \cdot 1,2}{1,35} = 12,44 \text{ м/мин}; v_{л} = 60,33 \text{ м/мин};$$

$$t_{л} = \frac{l_{л}}{v_{л}} = \frac{3 \cdot h_{эм}}{v_{л}} = \frac{9,9}{60,33} = 0,16 \text{ мин}$$

4. Определяем время эвакуации с этажа  $t_{эт}$  при беспрепятственном движении потока по лестнице вниз:

$$t_{эм} = \frac{N_{эм} \cdot f}{l_{эм} \cdot q_{np}} = \frac{80 \cdot 0,1}{1,2 \cdot 14} = 0,476 \text{ мин}$$

Поскольку  $t_{л} < t_{эт}$ , то на лестнице (на границе участка 2) происходит слияние людских потоков.

5. Определяем по (59) интенсивность движения людских потоков при их слиянии на втором участке:

$$q_{л2} = \frac{2 \cdot q_{np} \cdot \delta_{np}}{\delta_{л}} = \frac{2 \cdot 14 \cdot 1,2}{1,35} = 24,9 \text{ м/мин},$$

что больше максимальной интенсивности движения по лестнице вниз, равной 16 м/мин. Таким образом, в месте слияния людских потоков, выходящих с этажа и эвакуирующихся по лестнице, образуется скопление людей и задержка движения. Количество людей, которые попадут в скопление, определяется исходя из количества людей, которые успеют выйти со второго этажа.

6. Определяем количество людей  $N'$ , которое успеет выйти с этажа до момента образования скопления в момент  $t_{л}=0,16$  мин.

$$N' = \frac{q_{np} \cdot \delta_{np} \cdot t_{л}}{f} = \frac{14 \cdot 1,2 \cdot 0,16}{0,1} = 26,9 \text{ чел} = 2,69 \text{ м}^2$$

7. Определяем возможное (общее) количество людей, формирующих в это момент скопление на уровне второго этажа

$$N_{\text{ск}} = 2 \cdot (f \cdot N_{\text{эт}} - N') = 2 \cdot (80 \cdot 0,1 - 2,69) = 10,62 \text{ м}^2 = 106,2 \text{ чел}$$

(принимаем 106 чел.)

8. Определяем долю участия потоков в образовании общего потока с максимальной плотностью, исходя из следующих рассуждений:

- скопление людей происходит на всех участках пути;
- процесс слияния идет с участием всех потоков до тех пор, когда какой-либо из потоков иссякнет, т.е. когда его замыкающая часть выйдет к месту слияния;
- интенсивность движения потоков становится одинаковой соответствующей плотности скопления  $D_{\text{max}}$ ;
- значение пропускных способностей путей эвакуации определяются шириной участков;
- долю участка  $\beta$  каждого из сливающихся потоков в образовании объединенного потока максимальной плотности и в скоплении людей принимаем пропорционально ширине каждого участка

$$\beta_{\text{эм}} = \frac{\delta_{\text{эм}}}{\delta_{\text{пр}} + \delta_{\text{л}}} = \frac{1,2}{2,55} = 0,471; \quad \beta_{\text{л}} = \frac{1,35}{2,55} = 0,529$$

9. Определяем фактическое количество людей, оставшихся в скоплении (площадь занимаемая ими)

$$\Delta N_{\text{эт}} = f(N_{\text{эт}} - N') = 0,1(80 - 26,9) = 5,31 \text{ м}^2 = 53,1 \text{ чел}$$

10. Определяем время эвакуации ( $\Delta t_{\text{эт}}$ ) оставшихся людей при образовании максимальной плотности на лестнице при  $q_{\Delta \text{max}} = 7,2 \text{ м/мин}$  (табл. 11)

$$\Delta t_{\text{эт}} = \frac{\Delta N_{\text{эт}}}{\beta_{\text{эт}} \cdot \delta_{\text{эт}} \cdot q_{\Delta \text{max}}} = \frac{5,31}{0,471 \cdot 1,2 \cdot 7,2} = 1,3 \text{ мин}$$

11. Определяем общее время эвакуации:

$$t_{\text{эТ}} = \Delta t_{\text{эТ}} + \Delta t = 1,3 + 0,17 = 1,47 \text{ мин}$$

Вывод. Время эвакуации людей увеличилось из-за образования скопления на лестнице на  $1,47 - 0,476 = 0,99$  мин или в 3,1 раза.

Согласно (56) время задержки движения из-за образования скопления людей на границе второго участка с учетом доли потоков в образовании общего потока с максимальной плотностью составит:

$$t_3 = 53,1 \cdot 0,1 \cdot \left( \frac{1}{7,2 \cdot 1,2 \cdot 0,471} - \frac{1}{12,44 \cdot 1,35} \right) = 0,99 \text{ мин}$$

**Пример 4.** Оценить индивидуальный риск для людей, работающих в торговом зале (зальное помещение).

Данные для расчета

В торговом зале размером  $104 \times 72 \times 4$  м произошло возгорание мебели и бытовых изделий на площади  $420 \text{ м}^2$ . Помещение оборудовано системой оповещения и управлением эвакуацией людей II типа.

Зал расположен в одноэтажном здании 2 степени огнестойкости. В зале работают 80 человек на четырех участках в две смены. Продолжительность смены 8 часов. Зал имеет два эвакуационных выхода посередине. Ширина центрального прохода между участками 4 м, а ширина проходов между оборудованием и стенами равна 2 м; на участках работают по 20 чел. Характеристики горения мебели и бытовых изделий приведены в приложении Б. Начальная температура в помещении (участке)  $t_1 = 20$  °С, а конечная  $t_2 = 50$  °С.

Эвакуацию осуществляют в направлении первого эвакуационного выхода, так как второй заблокирован очагом пожара.

Расчетная схема эвакуации приведена на рис.15.

### Порядок решения

1. Определяем плотность, интенсивность и скорость движения людского потока на первом участке эвакуационного пути по формуле (52), используя при этом данные таблиц 6 и 11:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} = \frac{20 \cdot 0,1}{83 \cdot 2} = 0,01 \text{ м}^2 / \text{м}^2, q_1 = 1 \text{ м} / \text{мин}, V_1 = 100 \text{ м} / \text{мин}$$

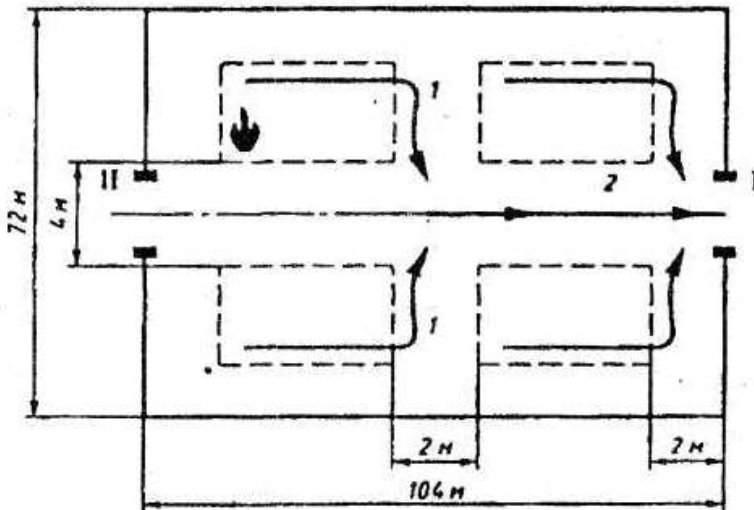


Рис.15. Расчетная схема эвакуации:

I, II - эвакуационные выходы; 1,2- участки эвакуационного пути

2. Время движения людского потока по первому участку определяем по формуле (51):

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{83}{100} = 0,83 \text{ мин.}$$

3. Определяем по формуле (53) интенсивность и скорость движения людского потока по второму участку:

$$q_2 = \frac{2 \cdot q_1 \cdot \delta_1}{\delta_2} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 2}{4} = 1 \text{ м/мин}, \quad V_2 = 100 \text{ м/мин}$$

4. Время движения людского потока по второму участку составит

$$t_2 = l_2/V_2 = 52/100 = 0,52 \text{ мин.}$$

5. Расчетное время эвакуации составит

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,83 + 0,52 = 1,35 \text{ мин.}$$

6. Определяем размерный параметр А при круговом распространении пожара по ТГМ по формуле (46):

$$A = 1,05 \cdot \psi_{\text{уд}} \cdot V^2 = 1,05 \cdot 0,0145 \cdot 0,0108^2 = 1,8 \cdot 10^{-6}, \text{ при } n = 3$$

7. Определяем безразмерный параметр Z по формуле (30):

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{4} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{4}\right) = 0,771;$$

8. Определяем по (35) коэффициент полноты горения в режиме пожара, регулируемом пожарной нагрузкой:

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{ox,a} + 1500X_{ox,a}^6 = 0,81$$

9. По формуле (32) определяем теплоемкость воздуха для интервала температур от 20 до 50 °С

$$C_p \Big|_{20}^{50} = \frac{C_p \Big|_0^{50} \cdot t_2 - C_p \Big|_0^{20} \cdot t_1}{t_2 - t_1} = \frac{1,00485 \cdot 50 - 1,0041 \cdot 20}{50 - 20} = 1,005$$

10. Определяем размерный комплекс В в зависимости от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения:

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V_{CB}}{(1-\varphi) \cdot \eta \cdot Q_H} = \frac{353 \cdot 1,005 \cdot 10^{-3} \cdot 23962}{(1-0,3) \cdot 0,81 \cdot 13,8} = 1086 \text{ кг}$$

$$V_{CB} = 0,8 \cdot 104 \cdot 72 \cdot 4 = 23962 \text{ м}^3$$

9. Определяем  $t_{кр}$  при  $\alpha = 0,3$ ;  $E = 40$  лк;  $B = 1086$  кг:

по повышенной температуре согласно формулы (26)

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{1086}{1,8 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - 20}{(273 + 25) \cdot 0,771} \right] \right\}^{1/3} = 478 \text{ с}$$

по потере видимости согласно формулы (27)

$$t_{кр}^{н.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{CB} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{1086}{1,8 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{23962 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 40)}{20 \cdot 1086 \cdot 270 \cdot 0,771} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 208 \text{ с}$$

по пониженному содержанию кислорода согласно формулы (28)

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V_{CB}} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = 495 \text{ с.}$$



по выделению углекислого газа согласно формулы (29)

$$t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{сг} \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} =$$

$$= \left\{ \frac{1086}{1,8 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{23962 \cdot 0,11}{1086 \cdot 0,203 \cdot 0,771} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = (6 \cdot 10^8 \cdot \ln(-0,069))^{\frac{1}{3}}$$

по выделению оксида углерода согласно формулы (29):

$$t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V_{сг} \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} =$$

$$= \left\{ \frac{1086}{1,8 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{23962 \cdot 1,16^{-3}}{1086 \cdot 0,0022 \cdot 0,771} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = (6 \cdot 10^8 \cdot \ln(-0,00012))^{\frac{1}{3}}$$

10. Определяем минимальное значение критической продолжительности пожара ( $t_{кр}$ ) по формуле (7):

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T\} = \min(478, 208, 495) = 208 \text{ с} = 3,47 \text{ мин}$$

11. Определяем  $t_{нз}$  по табл.4:  $t_{нз} = 3$  мин

12. Определяем  $t_{ск}$  по формуле (57):

$$t_{ск} = \frac{N \cdot f}{q_{приD=0,9} \cdot b_{i+1}} = \frac{20 \cdot 0,1}{13,5 \cdot 2} = 0,1 \text{ мин}$$

13. Проверяем выполняются ли условия формулы (13) в объекте защиты с массовым пребыванием людей свыше 50 человек при  $t_{ск} \leq 6$  мин:

$$t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нз} = 1,35 < 0,8 \cdot 3,47 < 1,35 + 3 \text{ (выполняется)}$$

$$t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} = 1,35 + 3 \leq 0,8 \cdot 3,47 \quad (\text{не выполняется})$$

$$t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} = 1,35 \geq 0,8 \cdot 3,47 \quad (\text{не выполняется})$$

14. Определяем по (13) вероятность эвакуации людей  $P_э$ , если  $t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ}$  и  $t_{ск} \leq 6$  мин

$$P_э = \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}} = \frac{0,8 \cdot 3,47 - 1,35}{3} = 0,47$$

15. Определяем вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты  $P_{пз}$ , направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей по формуле (16):

$$\begin{aligned} P_{пз} &= 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{СОУЭ}) \cdot (1 - R_{обн} \cdot R_{ПДЗ}) = \\ &= 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,8) = 0,8704 \end{aligned}$$

16. Определяем индивидуальный риск по формуле (10):

$$\begin{aligned} Q_B &= Q_{п} \cdot (1 - R_{ап}) \cdot P_{пз} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - P_{пз}) = \\ &= 2,03 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0,9) \cdot 8/24 \cdot (1 - 0,47) \cdot (1 - 0,8704) = 4,6 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

17. Сравниваем расчетную величину индивидуального пожарного риска  $Q_B$  с нормативным значением индивидуального пожарного риска  $Q_B^H$  по формуле (9):

$$Q_B = 4,6 \cdot 10^{-5} > Q_B^H = 10^{-6}$$

**Вывод:** условие безопасности людей не выполнено, значение индивидуального риска больше допустимого.

**Пример 5.** Определить расчетное время эвакуации покупателей из части торгового зала второго этажа универсального магазина, примыкающего к лестнице №. 1 и сделать соответствующий вывод при следующих исходных данных:

- площадь торгового зала ( $F_{Т.з.}$ ) прилегающего к лестнице

№ 1, составляет  $544 \text{ м}^2$  ;

• оборудование в торговом зале занимает площадь ( $F_{\text{Об}}$ ) -  $130 \text{ м}^2$ ;

- количество рядов с оборудованием - 5;
- лестница № 1 открытая;
- ширина лестничных маршей и площадок ( $\delta_{\text{Л}}$ ) - 2,4 м;
- ширина дверного проема на выходе ( $\delta_{\text{ДВ}}$ ) - 1,5 м;
- тамбур отсутствует;
- на путях эвакуации имеется проем в технологическом оборудовании шириной ( $\delta_{\text{Т.О}}$ ) - 5 м;
- высота этажа (h) составляет 3,6 м;
- ширина проходов ( $\delta_{\text{ПР}}$ ) между рядами оборудования составляет 2 м;
- объем зального помещения (здания) не превышает  $5 \text{ тыс. м}^3$ ;
- степень огнестойкости здания – первая;
- здание построено в 1990 году.

Расчетная схема эвакуации приведена на рис.16

### Порядок расчета

1. Определяем в соответствии с требованиями СНиП 2.08.02-89\* (для зданий и сооружений спроектированных и построенных до 1 мая 2009 года, т.е. до вступления в силу Федерального закона № 123 от 22.07.2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»), СП 1.13130.2009 (приложение 4), СНиП 31-06-09 (для зданий и сооружений спроектированных и построенных после 1 мая 2009 года, т.е. после вступления в силу Федерального закона № 123 от 22.07.2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности») количество людей, находящихся на рассматриваемом участке торгового зала

$$N = 544 : 1,35 = 403 \text{ чел. (Принимаем 400 чел.)}$$

2. Определяем среднюю плотность потоков в торговом зале:

$$D_{\text{cp}} = \frac{N}{F_{\text{Т.З}} - F_{\text{Об}}} = \frac{400}{544 - 130} = 0,966 \text{ чел} / \text{ м}^2$$

3. Разбиваем весь путь эвакуации из торгового зала к лестнице № 1 на 10 участков.

4. Определяем количество людей, находящихся на первом участке длиной 3 м и шириной 17 м:

$$N_1 = F_{\text{уч}} \cdot D_{\text{СР}} = 3 \cdot 17 \cdot 0,966 = 49 \text{ чел}$$

5. По формуле (50) определяем плотность людского потока на первом участке, а по табл. 10 соответствующие найденной плотности значения скорости и интенсивности движения:

$$D_1 = \frac{49 \cdot 0,125}{3 \cdot 17} = 0,12 \text{ м}^2 / \text{м}^2, v = 76 \text{ м / мин}, q_1 = 8 \text{ м / мин}$$

6. Определяем количество людей, которые могут разместиться в процессе движения на втором - седьмом участках, одинаковых размеров (длина 26 м и ширина 2 м)

$$N_2 = N_3 = N_4 = N_5 = N_6 = N_7 = F_{\text{уч}} \cdot D_{\text{СР}} + 1/6 \cdot N_1 = \\ = 26 \cdot 2 \cdot 0,966 + 1/6 \cdot 49 = 58 \text{ чел}$$

7. По выражению (50) и табл. 10 определяем плотность потоков, скорость и интенсивность движения на каждом из этих участков:

$$D_{2-7} = \frac{58 \cdot 0,125}{26 \cdot 2} = 0,14 \text{ м}^2 / \text{м}^2, v = 72 \text{ м / мин}, q_{2-7} = 9,6 \text{ м / мин}$$

8. Определяем по формуле 51 и табл. 10 интенсивность и скорость движения людских потоков на 8 участке длиной 3 м и шириной 17 м при их слиянии:

$$q_8 = \frac{9,6 \cdot 2 \cdot 6}{17} = 6,8 \text{ м / мин}, v_8 = 88 \text{ м / мин}$$

9. Определяем интенсивность движения людского потока по девятому участку пути через проем шириной 5 м в технологическом оборудовании:

$$q_9 = \frac{q_8 \cdot \delta_8}{\delta_9} = \frac{6,8 \cdot 17}{5} = 23,1 \text{ м/мин}$$

Так как расчетная интенсивность движения на 9 участке больше нормируемой  $q_{\max}$ , т.е.  $q_9 = 23,1 \text{ м/мин} > q_{\max} = 16,5 \text{ м/мин}$ , то этот проем беспрепятственно пропустить эвакуируемое количество людей не сможет и возможны задержки движения.

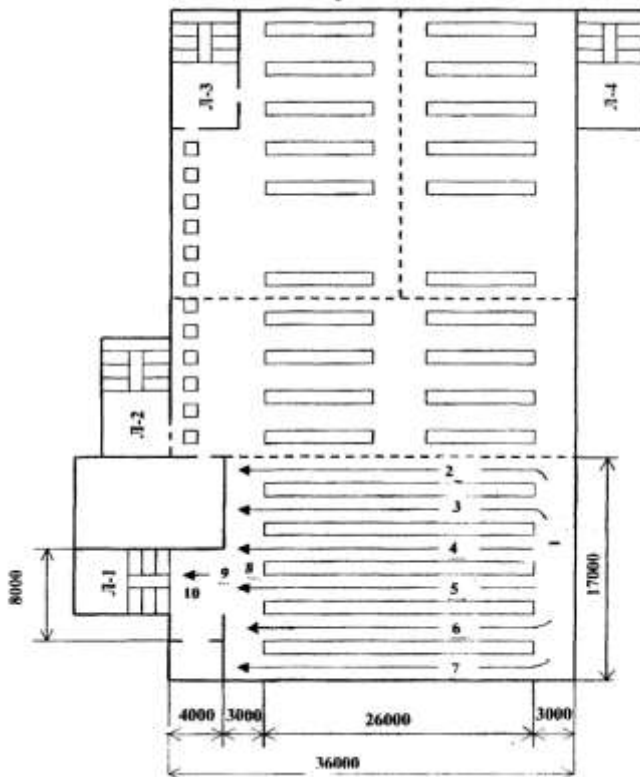


Рис.16 План торгового зала универсама с расстановкой оборудования

10. Определяем необходимую ширину проема на 9 участке, исходя из нормируемой величины  $q_{\max}$ :

$$\delta_i^{\text{исп}} = \frac{\delta_{i-1} \cdot q_{i-1}}{q_{\max}} = \frac{17 \cdot 6,8}{16,5} = 7\text{м}$$

11. Определяем интенсивность и скорость движения на десятом участке пути, ведущим к маршу открытой лестницы:

$$q_{10} = \frac{q_9 \cdot \delta_9}{\delta_{10}} = \frac{16,5 \cdot 7}{8} = 14,4\text{м/мин}, v_{10} = 45,9\text{м/мин}$$

12. Определяем интенсивность движения потока по лестничным маршам и площадкам шириной 2,4 м:

$$q_{\text{л}} = \frac{q_{10} \cdot \delta_{10}}{\delta_{\text{л}}} = \frac{14,4 \cdot 8}{2,4} = 48,0\text{м/мин}$$

Так как расчетная интенсивность движения людского потока больше нормируемой  $q_{\max}$ , т.е.  $q_{\text{л}} = 48,0 \text{ м/мин} > q_{\max} = 16,0 \text{ м/мин}$ , то в лестничной клетке возникнут задержки движения. Поскольку увеличить ширину лестничных маршей и площадок не представляется возможным и выполнить условие (53)  $q_i < q_{\max}$ , то  $q_i$  и  $v_i$ , определяем по табл. 11 при значении  $D = 0,9$  и более. Следовательно,  $q_i = 7,2 \text{ м/мин}$ , а  $v_i = 8,0 \text{ м/мин}$ .

13. По формуле (54) определяем время задержки при нормируемых  $q_{\text{л}}$  и  $v_{\text{л}}$ :

$$\begin{aligned} t_3 &= N \cdot f \cdot \left( \frac{1}{q_{\text{при}D=0,9} \cdot b_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot b_i} \right) = \\ &= 400 \cdot 0,125 \cdot \left( \frac{1}{7,2 \cdot 2,4} - \frac{1}{14,4 \cdot 8,0} \right) = 2,95\text{мин} \end{aligned}$$

14. Определяем интенсивность движения через дверной проем первого этажа, ведущий из лестничной клетки непосредственно наружу:

$$q_{\text{дв}} = \frac{q_{\text{л}} \cdot \delta_{\text{л}}}{\delta_{\text{дв}}} = \frac{7,2 \cdot 2,4}{1,5} = 11,5 \text{ м/мин} < q_{\text{max}} = 19,6 \text{ м/мин}$$

15. Определяем время движения людей на каждом из участков пути, исходя из скорости движения и длины участков эвакуационного пути по выражению (49):

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{3}{76} = 0,04 \text{ мин}$$

$$t_2 = t_3 = t_4 = t_5 = t_6 = t_7 = 26/72 = 0,36 \text{ мин}$$

$$t_8 = 3/88 = 0,03 \text{ мин}; t_{10} = 4/45,9 = 0,09 \text{ мин}$$

$$t_{\text{л}} = 3h/V_1 = 3 \cdot 3,6/8 = 1,35 \text{ мин}$$

16. Находим по формуле (48) расчетное время эвакуации покупателей из торгового зала второго этажа универсального магазина:

$$t_p = t_1 + t_{2-7} + t_8 + t_{10} + t_{\text{л}} + t_{\text{зад}} = \\ = 0,04 + 0,36 + 0,03 + 0,09 + 1,35 + 2,95 = 4,82 \text{ мин}$$

17. Определяем по табл. 10 время блокирования путей эвакуации  $t_{\text{бл}}$  при объеме зального помещения до 5 тыс. м<sup>3</sup>. Оно составляет 2 мин.

**Вывод.** Так как  $t_p = 4,82 \text{ мин} > t_{\text{бл}} = 2 \text{ мин}$  пути эвакуации торгового зала второго этажа универсального магазина не удовлетворяют требованиям пожарной безопасности и необходима их перепланировка.

**Пример 6.** Определить величину социального риска эвакуации людей из здания учреждения высшего профессионального образования, а также вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течении года  $R_{10}$ .

Исходные данные для расчета:

В здании находится 200 человек. Люди эвакуируются из здания за 7 минут. Опасные факторы пожара наступают через 9 минут. Время существования скопления людей на участках пути составляет менее 6 минут. Помещения оборудованы системой оповещения и управлением эвакуацией людей II типа. Продолжительность нахождения людей в течении суток составляет 8 часов.

### Порядок расчета

1. Определяем значение времени начала эвакуации людей  $t_{нэ}$ , мин (таблица 4):

$$t_{нэ} = 3 \text{ мин.}$$

2. Определяем максимально возможное количество погибших в результате пожара  $M$ , чел. (формула 20):

$$M = N \cdot \frac{t_p + t_{нэ} - t_{бл}}{t_p} = 200 \cdot \frac{7 + 3 - 9}{7} = 25$$

3. Определяем социальный риск, т.е. вероятность  $Q_{10}$  гибели 10 и более человек в результате пожара (формула 19):

$$Q_{10} = \begin{cases} 0, & \text{если } (t_p + t_{нэ}) < t_{бл}; \\ 0, & \text{если } t_p < t_{бл} < (t_p + t_{нэ}), N < 10; \\ \frac{M-9}{M}, & \text{если } t_p < t_{бл} < (t_p + t_{нэ}), M \geq 10 \end{cases}$$

В связи с тем, что выполняется условие:

$$t_p < t_{бл} < (t_p + t_{нэ}), M \geq 10, \text{ а именно}$$

$$7 < 9 < (7 + 3), M = 25 \geq 10, \text{ то } Q_{10} = \frac{M-9}{M} = \frac{25-9}{25} = 0,64$$



4. Определяем  $Q_{п}$  частоту возникновения пожара в здании в течении года (таблица 3):

$$Q_{п} = 1,398 \cdot 10^{-1}$$

5. Определяем вероятность эвакуации людей  $P_э$  (выражение 13):

$$P_э = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases}$$

В связи с тем, что выполняется условие:

$$t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин,}$$

$$\text{а именно } 7 < 0,8 \cdot 9 < (7 + 3), t_{ск} \leq 6 \text{ мин,}$$

$$\text{то } P_э = \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}} = \frac{0,8 \cdot 9 - 7}{3} = 0,067$$

6. Определяем вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты  $P_{пз}$ , направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей (формула 16):

$$P_{пз} = 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{соуз}) \cdot (1 - P_{обн} \cdot R_{пдз}) =$$

$$= 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,8) = 0,8704$$

7. Определяем вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течение года  $R_{10}$  (формула 22):

$$R_{10} = Q_{п} \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - P_{пз}) \cdot Q_{10} =$$

$$= 1,398 \cdot 10^{-1} \cdot 8/24 \cdot (1 - 0,067) \cdot (1 - 0,8704) \cdot 0,64 = 3,6 \cdot 10^{-3}$$

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Законодательные и нормативные документы:*

1. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» - СПС Гарант, 2010.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009г. №272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» - СПС Гарант, 2010.

3. Приказ МЧС от 30 июня 2009г. №382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» - СПС Гарант, 2010.

4. ГОСТ Р 12.3.047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» - СПС Гарант, 2010.

5. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» - СПС Гарант, 2010.

6. ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации» - СПС Гарант, 2010.

7. СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения» - М.: Минрегион России, 2009.

8. СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения» - М.: Госстрой России, 2004.

9. СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

10. СНиП 2.08.02-89\*. Общие требования к зданиям и сооружениям / Госстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1993.

*Научная и учебная литература:*

11. Брушлинский Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ними понятиях // Пожарная безопасность. – 1999, №3.

12. Брушлинский Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 2002, вып. 4.

13. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие – М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000.

14. Пожарные риски: основные понятия / под ред. Н.Н. Брушлинского – М.: Национальная академия наук пожарной безопасности, 2008.

15. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях. Методические рекомендации – ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003.

16. Холщевников В.В., Самошкин Д.А. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учебное пособие – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.

17. Пожарная безопасность: учебн. пособие / [Ю.И. Иванов, А.С. Голик, А.С. Мамонтов, Д.А. Бесперстов]; под ред. А.С. Голика – Кемерово, 2011.

18. Шебеко Ю.Н., Шебеко А.Ю. Применение моделей описания пожаров в помещениях и зданиях для расчетов пожарного риска. // Пожарная безопасность. – 2010, № 2

19. Богданов С.Н., Куприянова А.В. Задачник по термодинамическим расчетам в пищевой и холодильной промышленности – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.

20. Харченко С.П. Оценка времени принятия решения о начале эвакуации людей при пожаре в общественных зданиях. // Пожарная безопасность. – 2010, № 4.

## Приложение А

### **Примеры заданий для самостоятельной подготовки**

### Пример 1

По горизонтальному участку длиной  $l_i$  и шириной  $b_i$  движется людской поток в количестве  $N$  человек. Поток составляют взрослые люди, одетые в зимнюю одежду. Требуется определить параметры движения людского потока на последующем горизонтальном участки пути  $i+1$  шириной  $b_{i+1}$  и длиной  $l_{i+1}$ . Также необходимо определить расчетное время движения людей по обоим участкам пути.

№ варианта *	Длина горизонтального участка $l_i$ , м	Ширина горизонтального участка $\delta_i$ , м	Количество человек, $N$	Длина горизонтального участка $l_{i+1}$ , м	Ширина горизонтального участка $\delta_{i+1}$ , м
1	11	2,1	31	20	3
2	12	2,2	32	19	2,9
3	13	2,3	33	18	2,8
4	14	2,4	34	17	2,7
5	15	2,5	35	16	2,6
6	16	2,6	36	15	2,5
7	17	2,7	37	14	2,4
8	18	2,8	38	13	2,3
9	19	2,9	39	12	2,2
0	20	3	40	11	2,1

### Пример 2

По горизонтальному участку  $i$  длиной  $l_i$  и шириной  $b_i$  движется к границе участка  $i+1$  людской поток в количестве  $N1$  человек. Одновременно к этой же границе движется людской поток в количестве  $N2$  человек по участку  $j$  шириной  $b_j$  и длиной  $l_j$ . Поток составляют взрослые люди, одетые в зимнюю одежду. Требуется определить параметры движения людского потока на последующем участке пути  $i+1$  шириной  $b_{i+1}$  и длиной  $l_{i+1}$ . Также необходимо определить расчетное время движения людей.

№ вари	Длина гори-	Ширина	Количество	Длина гори-	Ширина	Количество	Длина горизон	Ширина горизон
--------	-------------	--------	------------	-------------	--------	------------	---------------	----------------

варианта *	зонального участка $l_i$ , м	горизонтального участка $\delta_i$ , м	человек, N1	зонального участка $l_j$ , м	горизонтального участка $\delta_j$ , м	человек, N2	зонального участка $l_{i+1}$ , м	зонального участка $\delta_{i+1}$ , м
1	20	3	10	11	2,1	1	11	3,1
2	19	2,9	9	12	2,2	2	12	3,2
3	18	2,8	8	13	2,3	3	13	3,3
4	17	2,7	7	14	2,4	4	14	3,4
5	16	2,6	6	15	2,5	5	15	3,5
6	15	2,5	5	16	2,6	6	16	3,6
7	14	2,4	4	17	2,7	7	17	3,7
8	13	2,3	3	18	2,8	8	18	3,8
9	12	2,2	2	19	2,9	9	19	3,9
0	11	2,1	1	20	3	10	20	4

### Пример 3

Требуется определить количество людей, которые будут формировать скопление людей и время эвакуации людей с этажа. Количество эвакуирующихся людей в случае пожара составляет по N человек на третьем и втором этаже.

Параметры движения людей на этажах следующее: длина горизонтальных участков пути до входа в лестничную клетку  $l_{эт}$ , м, ширина основного прохода  $\delta_{пр}$ , м, ширина выхода с этажа в лестничную клетку  $\delta_{эт}$ , м, высота этажа  $h_{эт}$ , м, ширина лестничного марша  $\delta_{л}$ , м.

№ варианта	Длина горизонтального участка до входа в лестничную клетку $l_{эт}$ , м	Ширина основного прохода $\delta_{пр}$ , м	Ширина выхода с этажа в лестничную клетку $\delta_{эт}$ , м	Высота этажа $h_{эт}$ , м	Ширина лестничного марша $\delta_{л}$ , м	Количество эвакуирующихся людей в случае пожара N
1	10	1,8	0,9	3,0	1,20	10
2	11	1,9	1,0	3,1	1,25	20

Окончание таблицы

3	12	2,0	1,1	3,2	1,30	30
---	----	-----	-----	-----	------	----

4	13	2,1	1,2	3,3	1,35	40
5	14	2,2	1,3	3,4	1,40	50
6	10	2,3	1,4	3,5	1,20	50
7	11	2,4	1,5	3,6	1,25	40
8	12	2,5	1,6	3,7	1,30	30
9	13	2,6	1,7	3,8	1,35	20
0	14	2,7	1,8	3,9	1,40	10

#### Пример 4

Требуется оценить индивидуальный риск для людей, работающих в торговом зале (зальное помещение), оборудованном системой оповещения и управления эвакуацией второго типа.

Здание одноэтажное, степень огнестойкости первая. Горючая нагрузка представлена мебелью и тканями. Начальная температура в помещении 20 °С, а конечная – 50 °С. Эвакуацию производят в направлении первого эвакуационного выхода, т.к. второй заблокирован очагом пожара.

Расчетная схема представлена на рис. 15, а исходные данные в ниже приведенной таблице

Номер варианта	Размеры помещения, м	Площадь загорания, м <sup>2</sup>	Число работающих в зале, чел	Число работающих на участке, чел	Ширина центрального прохода, м	Ширина проходов между оборудованием и стенами	Режим работы смены
0	72x72x4	420	80	20	3	1,5	2
1	120x60x4	480	120	30	4	2,0	3
2	80x36x4,5	400	60	15	3	1,5	1
3	90x48x4,5	350	60	15	3	1,5	2
4	102x72x5	400	80	20	4	2,0	3
5	120x96x5	500	120	40	4	2,0	3
6	60x18x5,5	300	80	20	3	1,5	1
7	80x18x5,5	350	60	15	3	1,5	1
8	102x48x6	450	120	30	4	2,0	3
9	102x60x6	400	80	20	4	2,0	3

#### Пример 5

Требуется определить расчетное время эвакуации покупателей из части торгового зала второго этажа универсального магазина, примыкающего к лестнице и сделать соответствующий вывод. Здание построено в 1995 году. При выполнении задания использовать схему эвакуации приведенную на рис. 16. Исходные данные приведены в таблице.

Номер варианта	Площадь, занимаемая оборудованием $F_{об}$ , м <sup>2</sup>	Размеры помещения, м <sup>2</sup>		Высота этажа, h, м	Ширина лестничных маршей $\delta_{л}$ , м	Ширина дверного проема на выходе $\delta_{дв}$ , м	Ширина проходов между рядами оборуд., стенами $\delta_{пр}$ , м	Количество рядов с оборудованием n	Ширина проема в технологическом оборудовании $\delta_{то}$ , м	Ширина/Длина участка перед лестницей, м
		Длина	Ширина							
0	100	30	12	3,3	2,0	1,0	1,2	5	4,0	4/2
1	184	34	18	3,6	2,4	1,2	1,7	6	5,0	6/3
2	130	32	17	3,3	2,0	1,2	2	5	4,0	4/4
3	98	24	18	3,0	1,5	0,9	2,2	5	3,0	3/3
4	161	24	24	3,0	2,0	1,5	2	7	4,0	6/3
5	180	34	18	3,4	1,5	1,5	2	5	3,5	8/4
6	156	30	18	3,0	1,4	1,0	2	5	3,0	5/3
7	160	30	18	3,3	1,5	0,9	1,7	6	2,5	6/4
8	182	30	24	3,2	1,5	1,5	2	7	3,0	4/5
9	108	24	24	3,0	1,4	0,9	3	5	2,5	5/5

### Пример 6

Определить величину социального риска эвакуации людей из общественных зданий, а также вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течении года  $R_{10}$ . Исходные данные приведены в таблице.

№ варианта	Расчетное время эвакуации $t_{р}$ , мин	Необходимое время эвакуации $t_{нб}$ , мин	Продолжительность нахождения людей в течении суток	Наименование здания	Тип системы оповещения	Время существования скопления людей на участках пути $t_{ск}$ , мин	Количество эвакуирующихся людей в случае пожара N
1	5	7	8	Ясли	I	5	100
2	6	7	16	Школа	IV	7	200
3	5	7	24	Больница	III	4	300
4	7	8	8	Санаторий	V	8	400
5	7	9	16	Магазин	II	3	500

Продолжение таблицы

6	7	9	24	Мотель	I	6	500
7	7	10	8	Музей	IV	5	400
8	8	9	16	Театр	II	9	300
9	9	12	24	Медпункт	III	2	200
0	9	10	16	Институт	V	7	100

## **Вопросы для самостоятельной подготовки**

### Вариант 1

1. Какие здания относятся к классам Ф1.1, Ф1.2 функциональной пожарной опасности?
2. Какие этапы должны предусматриваться при оценке пожарного риска объекта защиты?
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $Q_B^H$
4. Какие данные о здании (объекте защиты) необходимы для проведения анализа его пожарной опасности?
5. В чем заключается оценка последствий воздействия ОФП на людей?

### Вариант 2

1. Какие здания относятся к классам Ф1.3, Ф1.4 функциональной пожарной опасности?
2. Дайте определение понятию риска и в чем заключается физический смысл основных расчетных показателей пожарного риска.
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $Q_B$
4. Что учитывается при анализе пожарной опасности здания?
5. На основе сопоставления, каких параметров определяется вероятность эвакуации людей?

### Вариант 3

1. Какие здания относятся к классам Ф2.1, Ф2.2 функциональной пожарной опасности?
2. В чем заключается определение расчетных величин пожарного риска?



3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $Q_n$
4. Какими параметрами определяется частота реализации пожароопасных ситуаций?
5. Что необходимо предусматривать, если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение?

#### Вариант 4

1. Какие здания относятся к классам Ф2.3, Ф2.4 функциональной пожарной опасности?
2. Что является численным выражением индивидуального пожарного риска?
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $R_{ап}$
4. Какие действия проводятся для построения полей ОФП?
5. Какие противопожарные мероприятия направлены на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре?

#### Вариант 5

1. Какие здания относятся к классам Ф3.1, Ф3.2 функциональной пожарной опасности?
2. Для чего определяется частота воздействия ОФП?
3. Дайте определение и единицу измерения параметру  $R_{пр}$
4. Какие этапы входят в формулировку сценария развития пожара?
5. Степенью влияния каких параметров определяется эффективность противопожарных мероприятий?

#### Вариант 6

1. Какие здания относятся к классам Ф3.3, Ф3.4 функциональной пожарной опасности?
2. Для чего определяется частота воздействия ОФП?
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $P$ ,
4. Какие методы математического моделирования применяются при прогнозировании ОФП? В чем их сущность?
5. Какие дополнительные противопожарные мероприятия предусматриваются при несоответствии величины индивидуального пожарного риска нормативному значению?

### Вариант 7

1. Какие здания относятся к классам Ф3.5, Ф3.6 функциональной пожарной опасности?
2. Что является численным выражением индивидуального пожарного риска?
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $R_{п.з}$
4. Что учитывается при анализе пожарной опасности здания?
5. Какой параметр выражает степень влияния дополнительного противопожарного мероприятия?

### Вариант 8

1. Какие здания относятся к классам Ф4.1, Ф4.2 функциональной пожарной опасности?
2. В чем заключается определение расчетных величин пожарного риска?
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $t_p$
4. Чем определяется частота реализации пожароопасных ситуаций?
5. Что необходимо сделать при несоответствии индивидуального пожарного риска нормативному значению при применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия устройства дополнительных эвакуационных путей и выходов?

### Вариант 9

1. Какие здания относятся к классам Ф4.3, Ф4.4 функциональной пожарной опасности?
2. Каким путем проводятся расчеты по оценке пожарного риска?
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $t_{нз}$
4. Что проводится для построения полей ОФП?
5. Что необходимо сделать при несоответствии индивидуального пожарного риска нормативному значению при применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия устройства противодымной защиты?

### Вариант 0

1. Какие здания относятся к классам Ф3.1, Ф4.2 функциональной пожарной опасности?
2. Какие основания для определения расчетных величин пожарного риска?
3. Дайте определение и единицу измерения параметра  $t_{\text{бл}}$
4. Какие предпосылки положены в основу выбора конкретной модели расчета времени блокирования путей эвакуации?
5. Что необходимо сделать при несоответствии индивидуального пожарного риска нормативному значению при применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия ограничения количества людей в здании?

Приложение Б  
База данных типовой горючей нагрузки

	Наименование горючей нагрузки	Низшая теплота сгор, Q, МДж/кг	Дымовыделение Dm, Нп*м2/кг	Выделение Lco, кг/кг	Выделение Lco2, кг/кг	Выделение LHCL, кг/кг	Потребление Lo2, кг/кг	Уд. скорость выгорания, $\Psi$ , кг/м <sup>3</sup> ·К	Лин. скорость пламени, Vлин, м/сек
1	здание 1- 2 ст. огнестойкости; мебель+бытовые изд.	13,8	270	0,0022	0,203	0,0140	1,030	0,0145	0,0108
2	здание 1-2 ст. огнестойкости; мебель+ткани	14,7	82	0,0022	1,285	0,0060	1,437	0,0145	0,0108
3	здание 3-4 ст. огнестойкости; мебель+бытовые изделия	13,8	270	0,0022	0,203	0,0140	1,030	0,0344	0,0465
4	здание 3-4 ст. огнестойкости; меб+ткани	14,7	82	0,0022	1,285	0,0060	1,437	0,0344	0,0465
5	здание 1 ст. огнестойкости; меб+ткани(0,75+0,25)	14,9	58,5	0,0193	1,32	0,0000	1,437	0,0162	0,0125
6	здание 3 ст. огнестойкости; меб+ткани(0,75+0,25)	14,9	58,5	0,0193	1,32	0,0000	1,437	0,0162	0,04
7	кабинет; меб+бумага (0,75+0,25)	14,0	53	0,0317	0,642	0,0000	1,161	0,0129	0,042

8	помещение, облицованное панелями ДВП	18,1	130	0,0215	0,686	0,0000	1,15	0,0143	0,0405
9	административное помещение; мебель+бумага (0,75+0,25)	14,0	53	0,043	1,434	0,0000	1,161	0,021	0,022
11	общественные здания: мебель+линолеум ПВХ (0,9+1)	14,0	47,7	0,03	1,478	0,0058	1,369	0,0137	0,015
12	Библиотеки, архивы; книги, журналы на стеллажах	14,5	49,5	0,0974	1,1087	0,0000	1,154	0,011	0,0103
13	Сценическая часть зрительного зала; древесина	13,8	57	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,0145	0,0368
14	Верхняя одежда; ворс, ткани (шерсть+нейлон)	23,3	129	0,0145	0,0467	0,0000	3,698	0,013	0,0835
15	Резинотех. изделия; резина, изд. из нее	36,0	850	0,015	0,416	0,0000	2,99	0,0112	0,0184
16	Окрашенные полы, стены; дерево+краска	14,1	71,3	0,0349	1,47	0,0010	1,218	0,0145	0,0151
17	Выст. зал, мастерская; дерево+ткани+краска (0,9+0,09+0,01)	14,0	53	0,023	1,423	0,0001	1,218	0,0152	0,0163
18	Издательство типографии	15,4	41	0,169	0,0771	0,0000	1,158	0,0061	0,004

19	Каюта с синтет. отделкой; дерево+ткани+отделка	15,8	133,5	0,0425	0,845	0,0230	1,249	0,015	0,0177
20	Мебель; дере- во+облицовка (0,9+0,1)	14,4	84,1	0,0367	1,55	0,0036	1,288	0,0135	0,0154
21	Прмтовары; текстильные изделия	16,7	60,06	0,0626	0,879	0,0000	2,56	0,0244	0,0071
22	Кабельный подвал/лоток; кабели АВВГ+ АПВГ	30,7	521	0,1295	0,65	0,0202	2,19	0,0244	0,0071
23	Толуол	40,9	562	0,148	3,677	0,0000	3,098	0,043	
24	Ксилол	41,2	402	0,148	3,657	0,0000	3,623	0,09	
25	Бензин А76	43,2	256	0,175	2,92	0,0000	3,405	0,0585	
26	Керосин	43,3	438,1	0,148	2,92	0,0000	3,341	0,0415	
27	Дизельное топливо; соляр	45,4	620,1	0,122	3,163	0,0000	3,368	0,0425	
28	Радиоматериалы; поли- (этилен, стирол, пропилен) гетинакс	34,8	381	0,1	0,764	0,0073	3,312	0,0177	0,0137
29	Электротехн. материалы; текстолит, карболит	20,9	327	0,0556	0,375	0,0054	1,95	0,0076	0,0125
30	Турбинное масло ТП22	41,9	243	0,122	0,7	0,0000	0,282	0,03	
31	Электрокабель АВВГ; ПВХ оболочка+изоляция	25,0	635	0,109	0,398	0,0245	2,19	0,0244	0,0071

32	Электрокабель АПВГ; ПВХ оболоч- ка+полиэтилен	36,4	407	0,15	0,903	0,0160	2,19	0,0244	0,0071
33	Телефонный кабельТПВ; ПВХ+полиэтилен	34,6	556	0,124	0,903	0,0156	2,19	0,0085	0,0022
34	Сырье для нефтехимии; нефть	44,2	438	0,161	3,104	0,0000	3,24	0,0241	
35	Ацетон	29	80	0,269	2,293	0,0000	2,22	0,044	
36	Этиловый спирт	27,5	80	0,269	1,937	0,0000	2,362	0,031	
37	Лесопильный цех 1-3 ст. огнестойкости; древесина	13,8	57	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,0145	0,0396
38	Лесопильный цех 4-5 ст. огнестойкости; древесина	13,8	57	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,0145	0,0583
39	Цех деревообработки; древесина	13,8	57	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,0145	0,022
40	Цех сушки древесины; древесина	13,8	57	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,0145	0,0375
41	Производство фанеры; древесина+фанера (0,5+0,5)	16,1	80,5	0,072	1,055	0,0000	1,177	0,0117	0,0191
42	Штабель древесины; хвойный+лиственный лес	13,8	57	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,0145	0,0585
43	Хвойные древесные стройматериалы; штабель	13,8	61	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,0063	0,0585

44	Лиственные древесные стройматериалы; штабель	13,8	53	0,024	1,57	0,0000	1,15	0,014	0,0585
45	Клееные стройматериалы; фанера	18,4	104	0,121	0,54	0,0000	1,205	0,0089	0,0167
46	Сырье для легкой промышл.; хлопок разрыхленный	16,4	0,6	0,0052	0,57	0,0000	2,3	0,0213	0,0445
47	Сырье для легкой промышл.; лен разрыхленный	15,7	3,37	0,0039	0,36	0,0000	1,83	0,0213	0,05
48	Сырье для легкой промышл.; хлопок+капрон (0,75+0,25)	15,7	4,3	0,012	1,045	0,0000	3,55	0,0125	0,028
49	Сырье для легкой промышл.; шерсть	21,8	164	0,0153	0,715	0,0000	1,759	0,02	0,028
50	Пищ. промышл.; пшеница, рис, гречиха и мука из нее.	17,0	1096	0,163	0,812	0,0000	0,968	0,008	0,005
51	Сырье и синтетич. изделия из каучука	43,0	212	0,15	1,408	0,0050	2,985	0,011	0,0143
52	Склад льноволокна	15,7	3,4	0,0039	0,36	0,0000	1,83	0,0213	0,071
53	Склад хлопка в тюках	16,7	0,6	0,0052	0,578	0,0000	1,15	0,0167	0,0042
54	Склад бумаги в рулонах	15,1	41	0,1077	0,6635	0,0000	1,158	0,008	0,005
55	Провода в резиновой изоляции типа КПРТ, ПТ,	37,8	850	0,015	0,416	0,0000	2,99	0,1917	0,005



	ВПСР								
56	Склад оргстекла (ПММА)	26,4	78	0,1266	1,795	0,0000	2,09	0,0041	0,008
57	Каб+провода 0,75*(АВВГ, АПВГ, ТПВ) +0,25(КПРТ, ПР, ШРПС)	33,5	612	0,0995	0,655	0,0140	2,389	0,0622	0,0054
58	Дерево+лак покрытие; 0,95*древесина+0,05*(ФЛ +РХО)	33,5	612	0,0995	0,655	0,0140	2,389	0,0622	0,0054
59	Автомобиль; 0,3*(резина, бензин) + 0,15*(ППУ,кожаПВХ) + 0,1*эмаль	31,7	487	0,097	1,295	0,0109	2,64	0,0233	0,0068
60	Зал; 0,5*ДВП +0,1*(ткань, иск.кожа, ПВХ, ППУ)+0,2*дерево с покрытием	16,2	175,6	0,041	0,817	0,0143	1,574	0,0123	0,0293
61	Тара: древеси-на+картон+полистирол (0,5+0,25+ 0,25)	20,7	155	0,094	0,97	0,0046	1,52	0,018	0,01
62	упаков-ка:бумага+картон+поли(эт илен+стирол) (0,4+0,3+0,15+0,15)	23,5	172	0,112	0,679	0,0370	1,7	0,132	0,004

63	Индустриальное масло	42,7	480	0,122	1,07	0,0000	1,589	0,043	
64	Вешала текстильных изделий	16,7	61	0,063	0,879	0,0000	2,56	0,0245	0,0078
65	Отделка: ковровин	15,4	150	0,207	1,225	0,0390	2,55	0,013	0,021
66	Мебель+бумага (0,8) +ковровое покрытие(0,2)	14,3	72,4	0,068	0,759	0,0008	1,439	0,0129	0,034
67	Занавес зрительного зала кинотеатра	13,8	50	0,0022	0,203	0,0000	1,03	0,0115	0,05

## Приложение В

Физические свойства сухого воздуха при давлении 101 325 Па

$t, ^\circ C$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$C_p, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ C)$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ C)$
- 50	1,584	1,013	2,04
- 40	1,515	1,013	2,12
- 30	1,453	1,013	2,20
- 20	1,395	1,009	2,28
- 10	1,342	1,009	2,36
0	1,293	1,005	2,44
10	1,247	1,005	2,51
20	1,205	1,005	2,59
30	1,165	1,005	2,67
40	1,128	1,005	2,76
50	1,093	1,005	2,83
60	1,060	1,005	2,90
70	1,029	1,009	2,96
80	1,000	1,009	3,05
90	0,972	1,009	3,13
100	0,946	1,009	3,21
120	0,898	1,009	3,34
140	0,854	1,013	3,49
160	0,815	1,017	3,64
180	0,779	1,022	3,78
200	0,746	1,026	3,93
250	0,674	1,038	4,27
300	0,615	1,047	4,60
350	0,566	1,059	4,91
400	0,524	1,068	5,21

## Приложение Г

### Норма площадей на одного человека (место) по СНиП 31-06-2009

В дошкольных образовательных учреждениях состав и площади основных помещений полнокомплектной групповой ячейки (для учреждений общего типа), а также малокомплектных групповых ячеек принимаются по таблице:

Помещения	Полнокомплектная групповая ячейка (универсальная для ясельной и дошкольной группы), м <sup>2</sup>	Малокомплектная групповая ячейка	
		ясельная на 1 ребёнка, не менее, м <sup>2</sup>	дошкольная на 1 ребёнка, не менее, м <sup>2</sup>
Групповая	50	2,5	2,0
Спальня	50	1,8	2,0
Раздевальная	18	1,0	1,0
Туалетная	16	0,8	0,9
Буфетная	3,8	3,8	3,8

Площади основных учебных помещений общеобразовательных учебных заведений, учреждений начального и среднего профессионального образования, учреждений высшего профессионального образования (в дальнейшем – высшие учебные заведения) следует принимать по таблице:

Помещения	Площадь на 1 учащегося, не менее, м <sup>2</sup>
Классы-кабинеты школ: при фронтальных формах занятий	2,5
при смешанных и индивидуальных формах занятий	3,0
при групповых формах занятий	3,5
Специальные кабинеты и лаборатории по естественным наукам (кроме высших	3,0

учебных заведений)	
Лекционные аудитории до 75 мест в гимназиях и лицеях	1,0
Лаборатории общетеоретического (общееобразовательного) профиля: в учреждениях среднего профессионального образования; в высших учебных заведениях	2,5 4,0
Лаборатории и кабинеты профессионально-технического и специального профиля: в учреждениях начального и среднего профессионального образования; в высших учебных заведениях	2,4* 6,0
Кабинет информатики и вычислительной техники, компьютерный класс	6 (на 1 место у дисплея)
Лингафонные кабинеты: во всех образовательных учреждениях, кроме высших учебных заведений; в высших учебных заведениях	2,4 3,0
Кабинеты черчения, курсового и дипломного проектирования: в учреждениях начального и среднего профессионального образования; в высших учебных заведениях	2,4 3,6
Аудитории с числом мест: 12-15 25 30 в учреждениях начального и среднего профессионального образования 50-150 в высших учебных заведениях и учебных комбинатах: 50-75 От 76 до 100	2,5 2,2 1,8 1,2 1,5 1,3

От 101 до 150	1,2
От 151 до 350	1,1
351 и более	1,0
Мастерские трудового обучения и общественно-полезного труда (кроме учебно-производственных мастерских) в школах	7,5
*В общую площадь лаборатории необходимо дополнительно включать площадь для размещения технологического оборудования по профилю обучения.	

Спальные комнаты в школах-интернатах и интернатах при школах следует предусматривать площадью не менее 4 м<sup>2</sup> на одного учащегося.

Площадь спальной - игровой комнаты для учащихся первого класса школ следует принимать из расчета не менее 2,5 м<sup>2</sup> на одного учащегося.

Ориентировочную площадь в палатах лечебных учреждений от двух коек и более следует принимать по расчётному показателю площади на 1 место по таблице:

Отделения	Площадь на 1 койку, не менее, м <sup>2</sup>
<b>Для взрослых:</b>	
Ортопедотравматологические, нейрохирургические, ожоговые, радиологические, восстановительного лечения и др. для больных, передвигающихся с помощью кресел - колясок	10
Интенсивной терапии	15
Послеоперационные	13
Прочие	8
<b>Для детей до 7 лет:</b>	

С дневным пребыванием матерей	9,0
С круглосуточным пребыванием матерей	12
Ортопедотравматологические, нейрохирургические, ожоговые, радиологические, восстановительного лечения и др. для больных, передвигающихся с помощью кресел - колясок	10
Интенсивной терапии	15
Послеоперационные	13
Прочие	6,0
<b>Для новорожденных:</b>	
В палатах для детей с дневным пребыванием матерей	4,5
Для детей с круглосуточным пребыванием матерей	10
Интенсивной терапии, послеоперационные для новорожденных	9,0
	9.0

Минимальная площадь однокочных палат (без учёта площади шлюзов и санузлов) приведена в таблице:

Профиль отделения	Площадь на 1 койку, не менее, м <sup>2</sup>
Медико-социальные (в домах и отделениях сестринского ухода и хосписах)	14
Восстановительного лечения, нейрохирургические, ортопедотравматологические, ожоговые, радиологические и палаты для больных, передвигающихся с помощью кресел-колясок	12
Для новорожденных	6
Для детей до 7 лет с круглосуточным пребыванием матерей	14

Для взрослых или детей старше 7 лет с сопровождающим	16
Для ожоговых больных	18
Интенсивной терапии и послеоперационные	18
Прочие	12

Площадь жилой комнаты должна быть не менее 12 м<sup>2</sup>.

Расчётный показатель площади жилых комнат в санаториях, санаториях-профилакториях и учреждениях отдыха на одно место следует принимать по таблице:

Учреждения	Площадь, м <sup>2</sup> , на 1 место (не менее)
Санатории, санатории-профилактории, а также учреждения отдыха для взрослых (или семей с детьми)	9,0
Детские оздоровительные и оздоровительные лагеря для старшеклассников	6,0 7,0
Санаторные детские оздоровительные лагеря	

Площадь зрительных залов следует принимать по расчётному показателю площади на одно место, не менее, м<sup>2</sup>, для:

кинотеатров круглогодичного действия - 1,0;

кинотеатров сезонного действия - 0,9;

клубов - 0,65;

театров, концертных и универсальных залов - 0,7;

малых, камерных театров - 0,9.

Площадь конференц-залов следует принимать по расчётному показателю площади на одно место, не менее, м<sup>2</sup>:

в залах до 150 мест:

с пюпитрами у кресел - 1,25;

без пюпитров - 1,1;

в залах на 150 и более мест:

с пюпитрами у кресел - 1,1;



без пюпитров - 1,0.

Площадь актового зала (без учёта эстрады) следует принимать по расчётному показателю на одно зрительское место, не менее, м<sup>2</sup>:

в школах, в учреждениях начального и среднего профессионального образования - 0,65;

в высших учебных заведениях - 0,8.

Площадь фойе следует принимать по расчётному показателю площади на одно зрительское место в залах, не менее, м<sup>2</sup>:

при актовых залах учреждений начального и среднего профессионального образования, кинозалах и спортивно-зрелищных залах - 0,4;

в театрах, клубах, концертных залах, при актовых залах высших учебных заведений - 0,6;

в кинотеатрах - 0,55;

в кинотеатрах с универсальным залом - 0,7;

в детских кинотеатрах - 0,8.

Рекреации общеобразовательных учреждений проектируются из расчёта 2 м<sup>2</sup> на учащегося, как правило, в виде зальных помещений. Рекреации учреждений начального и среднего профессионального образования проектируются из расчёта 0,6 м<sup>2</sup> на учащегося, а в высших учебных заведениях и учебных комбинах – 0,5 м<sup>2</sup> на учащегося.

Объём зрительных залов и аудиторий рекомендуется принимать на одно зрительское место, не менее, м<sup>3</sup>:

драматических театров – 4-5;

кинотеатров – 4-6;

клубов – 4-7;

музыкально-драматических театров и театров музыкальной комедии – 5-7;

театров оперы и балета – 6-8;

аудиторий – 4-5;

концертных залов - по заданию на проектирование.

Общую площадь физкультурно-спортивных залов и помещений (без учёта вспомогательных помещений при них) следует принимать из расчёта на одного занимающегося, не менее, м<sup>2</sup>:

основная и полная средняя школа - 0,9;

учебные заведения начального, среднего и высшего профессионального образования - 1,0;

учебные заведения последипломного образования - 0,2.

Площадь читального зала в массовых библиотеках централизованной библиотечной системы следует принимать не менее 2,4 м<sup>2</sup> на одно читательское место (при оборудовании читального зала одно- или двухместными столами).

Общую площадь библиотеки учебных заведений следует принимать по расчётному показателю площади на одного учащегося (студента), не менее, м<sup>2</sup>:

в школах и учреждениях начального профессионального образования - 0,6;

в учреждениях среднего профессионального образования - 0,8;

в высших учебных заведениях:

технического профиля - 1,1;

гуманитарного и медицинского профиля - 1,3;

культуры - 2,3.

Площадь обеденного зала (без раздаточной) следует принимать по расчётному показателю площади на одно посадочное место в зале, не менее, м<sup>2</sup>:

в школах (на 1/3 численности учащихся, преподавателей, администрации):

до 80 мест в зале - 0,75;

на 80 и более мест в зале - 0,7;

в учреждениях начального профессионального образования - 0,8;

в учреждениях среднего профессионального образования - 1,3;

при высших учебных заведениях - 1,8;

при больницах восстановительного лечения ортопедического и неврологического профилей, при социальных учреждениях с инвалидами на креслах-колясках - 2,5;

при лечебных и социальных учреждениях со стационаром - 1,2;

в ресторанах - 1,8;

то же, с эстрадой и танцплощадкой - 2,0;

в столовых общедоступных - 1,8;

в кафе, закусочных и пивных барах - 1,6;

в кафе-автоматах, предприятиях быстрого обслуживания и безалкогольных барах, в туристских хижинах и приютах - 1,4;

в детских оздоровительных лагерях (летних) и оздоровительных лагерях для старшеклассников - 1,0;

в санаторных детских оздоровительных лагерях - 1,4;

в санаториях, санаториях-профилакториях, домах (пансионатах) отдыха, базах отдыха, молодежных лагерях, туристских базах:

при самообслуживании (включая раздаточную линию) - 1,8;

при обслуживании официантами - 1,4.

В общественных зданиях вестибюль принимается – 0,2-0,3 м<sup>2</sup>, а гардероб – 0,15 м<sup>2</sup> на одного расчётного посетителя.

**Приложение Д**  
**Норма площадей на одного человека (место)**  
**по СНиП 2.08.02**

Для расчета путей эвакуации число покупателей или посетителей предприятий бытового обслуживания, одновременно находящихся в торговом зале или помещении для посетителей, следует принимать из расчета на одного человека:

для магазинов в городах и поселках городского типа, а также для предприятий бытового обслуживания —  $1,35 \text{ м}^2$  площади торгового зала или помещения для посетителей, включая площадь, занятую оборудованием: для магазинов в сельских населенных пунктах —  $2 \text{ м}^2$  площади торгового зала;

для рынков —  $1,6 \text{ м}^2$  торгового зала рыночной торговли.

Число людей, одновременно находящихся в демонстрационном зале и зале проведения семейных мероприятий, следует принимать по числу мест в зале.

Площади помещений в групповой ячейке детских дошкольных учреждений следует принимать:

Помещения	Площади помещений, м <sup>2</sup> , на 1 ребенка (не менее)		
	дошкольные учреждения общего типа		специализированные дошкольные учреждения
	ясли	сад	
Раздевальная	0,9	0,72	1,2
Групповая с зоной отдыха	4,3	4,0	5,7
Туалетная	0,8	0,65	1,0
Буфетная	0,15	0,15	0,2
Комната для специальных занятий	-	-	1,6

Площадь зала для музыкальных занятий следует принимать из расчета на одно место в дошкольной группе не менее  $2 \text{ м}^2$  для физкультурных занятий — не менее  $4 \text{ м}^2$ .

Площади основных учебных помещений следует принимать:

Помещения	Площадь, м <sup>2</sup> , на 1 учащегося (не менее)
Классные помещения и аудитории на группу	2,2
Кабинеты и лаборатории по естественным наукам при фронтальных формах занятий (кроме высших учебных заведений)	2,5*
Лаборатории общетеоретического (общеобразовательного) профиля:	
в средних специальных учебных заведениях	2,2
в высших учебных заведениях	4,0
Лаборатории и кабинеты профессионально-технического и специального профиля:	
в профессионально-технических и средних специальных учебных заведениях	2,4
в высших учебных заведениях	6,0
Кабинет информатики и вычислительной техники	6 (на 1 рабочее место у дисплея)
Лингафонные кабинеты:	
во всех учебных заведениях, кроме высших учебных заведений	2,4
в высших учебных заведениях	3,0
фонозалы	1,8
Кабинеты черчения, курсового и дипломного проектирования в профессионально-технических и средних специальных учебных заведениях	2,4
Кабинеты черчения, курсового и дипломного проектирования в высших учебных заведениях	3,6
Аудитории, число мест:	
на 12-15	2,5
" 25	2,2
" 30	1,8
" 50-150 - в профессионально-технических и средних специальных учебных заведениях	1,2
на 50-75 - в высших учебных заведениях и учебных комбинатах	1,5
св. 75 до 100 - в высших учебных заведениях и учебных комбинатах	1,3
св. 100 до 150 - в высших учебных заведениях и учебных комбинатах	1,2
св. 150 до 350	1,1
" 350	1,0
на 50-100 - с обратной связью	1,8
Мастерские трудового обучения и общественно-полезного труда (кроме учебно-производственных мастерских)	6,0

\* В соответствии с СанПиН 2.4.2.1178-02.

Площадь комнаты для отдыха (сна) учащихся первых классов школ следует принимать не менее 2 м<sup>2</sup> на одного учащегося.

Площадь игровых для первых классов школ и учебных корпусов школ-интернатов следует принимать не менее 2 м<sup>2</sup> на одного учащегося. В малокомплектной школе игровые помещения могут быть объединены с рекреацией.

Спальные комнаты в школах-интернатах и интернатах при школах следует проектировать площадью не менее 4 м<sup>2</sup> на одного учащегося.

Площадь в палатах лечебных учреждений от двух коек и более следует принимать:

Отделения	Площадь, м <sup>2</sup> , на 1 койку (не менее)
Инфекционные и туберкулезные для взрослых	7,5
Инфекционные и туберкулезные для детей:	
без мест для матерей	6,5
с дневным пребыванием матерей	8,0
с круглосуточным пребыванием матерей	10
Ортопедотравматологические, нейрохирургические(в том числе восстановительного лечения), ожоговые, радиологические:	
для взрослых и в палатах для детей с дневным пребыванием матерей	10
для детей с круглосуточным пребыванием матерей	13
Интенсивной терапии, послеоперационные	13
Детские неинфекционные:	
без мест для матерей	6,0
с дневным пребыванием матерей	7,5
с круглосуточным пребыванием матерей	9,5
Психоневрологические и наркологические:	
общего типа	6,0
инсулиновые и надзорные	7,0
Психиатрические для детей:	
общего типа	5,0
надзорные	6,0
Для новорожденных	6,0
Прочие	7,0

Площадь жилых комнат в санаториях, санаториях-профилакториях и учреждениях отдыха на одно место следует принимать (площадь жилой комнаты должна быть не менее 9 м<sup>2</sup>):

Учреждения	Площадь, м <sup>2</sup> , на 1 место (не менее)
Санатории, санатории-профилактории, а также учреждения отдыха для взрослых (или семей с детьми):	
круглогодичного функционирования	6,0
сезонного (летнего) функционирования	4,5
Детские оздоровительные и оздоровительные лагеря старшеклассников	4,0
Санаторные детские оздоровительные лагеря	4,5

Площадь зрительных залов следует принимать на одно место не менее, м<sup>2</sup>, для:

кинотеатров круглогодичного действия	1,0
кинотеатров сезонного действия	0,9
клубов	0,65
театров, концертных и универсальных залов	0,7

Площадь конференц-залов следует принимать на одно место не менее, м<sup>2</sup>:

в залах до 150 мест:	
с попитрами у кресел	1,25
без попитров	1,1
в залах св. 150 мест:	
с попитрами у кресел	1,1
без попитров	1,0

Площадь актового зала и актового зала— лекционной аудитории (без эстрады) на одно место в зале следует принимать не менее, м<sup>2</sup>:

в общеобразовательных школах, школах-интернатах, профессионально-технических и средних специальных учебных заведениях — 0,65;

в высших учебных заведениях — 0,8.

Общую площадь актового зала в здании следует принимать:

Учебные заведения	Площадь зала, м <sup>2</sup> , на 1 учащегося (студента) не менее
Школы	0,22
Школы-интернаты	0,32
Профессионально-технические и средние специальные учебные заведения:	
городские	0,22
в сельской местности	0,32
Высшие учебные заведения (кроме вузов искусств и культуры) при числе студентов:	
до 2000	0,3
св. 2000 до 6000	0,22
" 6000	0,15

*Примечание. Площадь клубных помещений при актовых залах принимается по заданию на проектирование.*

Общую площадь спортивных залов (без учета вспомогательных помещений при них, а также бассейнов и легкоатлетических манежей) следует принимать на одного учащегося (студента, слушателя) не менее, м<sup>2</sup>:

в неполных средних и средних общеобразовательных школах	0,9
в профессионально-технических и средних специальных учебных заведениях, а также в высших учебных заведениях	1,0
в институтах повышения квалификации	0,2

Объем зрительных залов и аудиторий следует, как правило, принимать на одно зрительское место, м<sup>2</sup>:

драматических театров	4-5
кинотеатров	4-6
клубов	4-7
музыкально-драматических театров и театров музыкальной комедии	5-7
театров оперы и балета	6-8
аудиторий	4-5
Примечание. В зависимости от объемно-планировочного решения зала допускается увеличение или уменьшение указанных величин на 20%, а при применении соответствующих инженерных решений в большей мере.	

Площадь общего читального зала в массовых библиотеках централизованной библиотечной системы следует принимать не менее 2,4 м<sup>2</sup> на одно читательское место (при оборудовании читального зала одно- или двухместными столами).



Общую площадь библиотеки учебных заведений следует принимать на одного учащегося (студента) не менее, м<sup>2</sup>:

в школах и в школах-интернатах	0,3
в профессионально-технических учебных заведениях	0,6
в средних специальных учебных заведениях	0,8
в высших учебных заведениях:	
технического профиля	1,1
гуманитарного и медицинского профиля	1,3
культуры	2,3

Площадь обеденного зала (без раздаточной) следует принимать на одно место в зале не менее, м<sup>2</sup>:

в ресторанах	1,8
в столовых общедоступных и при высших учебных заведениях	1,6
в кафе, закусочных и пивных барах	1,4
в кафе-автоматах, предприятиях быстрого обслуживания и безалкогольных барах, в туристских хижинах и приютах	1,2
в детских оздоровительных лагерях (летних) и оздоровительных лагерях старшеклассников	1,0
в санаторных детских оздоровительных лагерях:	1,4
в школах и школах-интернатах:	
до 80 мест в зале	0,75
св. 80 " " "	0,7
в профессионально-технических училищах	0,8
в средних специальных учебных заведениях	1,3
в санаториях, санаториях-профилакториях, домах (пансионатах) отдыха, базах отдыха, молодежных лагерях, туристских базах:	
при самообслуживании	1,8
при обслуживании официантами	1,4

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
1. Понятие риска. Показатели риска .....	5
2. Пожарные риски и их виды .....	9
3. Классификация зданий, сооружений и строений объектов за- щиты по функциональной пожарной опасности .....	12
4. Последовательность действий при оценке пожарного риска	15
4.1 Общие положения .....	15
4.2 Анализ пожарной опасности здания .....	16
4.3 Определение частоты реализации пожароопасных ситуа- ций .....	18
4.4 Построение полей опасных факторов пожара для различ- ных сценариев его развития .....	19
4.5 Оценка последствий воздействия опасных факторов по- жара на людей для различных сценариев его развития .....	22
4.6 Дополнительные противопожарные мероприятия при расчете пожарного риска .....	23
5. Классификация и область применения методов математиче- ского моделирования .....	27
6. Основные расчетные величины и зависимости, используемые для оценки индивидуального пожарного риска .....	33
7. Основные расчетные величины и зависимости, используемые для оценки социального пожарного риска .....	45
8. Определение расчетного времени эвакуации людей по упро- щенной аналитической модели .....	47
8.1. Принципы составления расчетной схемы эвакуации..	47
8.2 Расчетные значения параметров для различных групп мобильности .....	53
8.3 Аналитические соотношения для определения критиче- ской продолжительности пожара .....	59
8.4 Определение расчетного времени эвакуации людей по упрощенной аналитической модели .....	69
Примеры решения задач по определению расчетных пара- метров эвакуации людей и пожарного риска .....	78
Список литературы .....	98

Приложения:

А. Примеры заданий для самостоятельной подготовки ...	100
Б. База данных типовой горючей нагрузки .....	108
В. Физические свойства сухого воздуха .....	115
Г. Норма площадей на одного человека (место) по СНиП 31-06-2009 .....	116
Д. Норма площадей на одного человека (место) по СНиП 2.08.02 .....	124