



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Государственное образовательное учреждение высшего образования  
«Донской государственный технический университет»**

**Кафедра "Безопасность жизнедеятельности и защита  
окружающей среды»**

**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Методическое пособие к контрольной работе №1 для студентов  
заочной формы обучения по  
специальности «Пожарная безопасность».  
Часть 1, 5 курс, 9 семестр.**

**Ростов-на-Дону  
2022 г.**

Составители: к.т.н., доц. И.В. Богданова  
к.х.н., доц. И.Н. Лоскутникова  
к.т.н. доц. С.Н. Холодова

## 1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа выполняется студентом заочной формы обучения в соответствии с учебным планом на основании, которого осуществляется применение полученных знаний и умений при решении комплексных задач, связанных со сферой их профессиональной деятельности. Она базируется на изучении учебных и литературных источников, а также на практическом материале, экспериментальных и статистических данных.

### 1.1 Распределение варианта контрольной работы

При выполнении контрольной работы студент должен дать полный ответ на два контрольных вопроса (п.п. 3.1 и 3.2) и решить задачи по изученным темам. Методические указания предусматривают варианты контрольных вопросов и условий для решения задач. Выбор варианта контрольной работы производится в соответствии с порядковым номером в ведомости. Преподаватель проверяет правильность выбора варианта контрольной работы в соответствии со сведениями, указанными в ведомости.

### 1.2 Оформление контрольной работы.

Содержание контрольной работы должно соответствовать выбранному варианту. В конце работы должен быть библиографический список. Допускаются приложения в виде таблиц, графиков и др.

**Структурными элементами контрольной работы являются:**

- Титульный лист (1 страница).
- Содержание (1 страница).
- Введение (1-2 страница).
- Основная часть (8-13 страниц).
- Библиографический список (2 страницы).

Объем работы составляет **не менее 15-20 страниц**. Контрольная работа должна быть напечатана на белой бумаге формата А4. Текст должен быть выполнен на компьютере с одинаковым межстрочным **1,5 интервалом** в текстовом редакторе Microsoft Word for Windows. Текст набирается нежирным шрифтом Times New Roman, **14 размером**. Размер отступа в начале строки (абзаца) - 5 знаков, что составляет 1,25 см. Контрольная работа выполняется на листах с одной стороны. Текст контрольной работы следует располагать, соблюдая следующие размеры полей: - левое - 30 мм; правое - 10 мм; верхнее - 20 мм; нижнее - 20 мм. Выравнивание текста (за исключением заглавий) производится по ширине. Контрольная работа подшивается в папку-скоросшиватель и сдается для проверки научному руководителю в сроки, установленные учебным планом

### 1.3 Этапы выполнения контрольной работы:

- 1) определение варианта контрольной работы;
- 2) литературных источников, статистической информации и написание теоретической части контрольной работы;
- 3) обработка практических материалов, подготовка и решение практической части контрольной работы;
- 4) оформление контрольной работы;
- 5) представление контрольной работы ;
- 6) проверка контрольной работы.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ, ВЫНЕСЕННЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

### ***Раздел 1 ВНУТРЕННЯЯ ПЛАНИРОВКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.*** ***Принципы внутренней планировки зданий и сооружений.***

Особенности планировки современных зданий и сооружений. Ограничение площади развития пожаров в зданиях планировочными решениями. Пожарные отсеки и секции,

назначение, определения. Принципы внутренней планировки зданий, способствующие обеспечению пожарной безопасности. Теоретическое обоснование определения площади пожарного отсека. Нормирование площадей пожарных отсеков. Недостатки нормирования. Принципы деления пожарных отсеков на секции и отдельные помещения. Требования, предъявляемые к ограждающим конструкциям пожарных отсеков и секций.

Общие принципы экспертизы внутренней планировки зданий в части учета требований пожарной безопасности.

Литература [8,13,17,18,19, 20].

### ***Особенности планировочных решений зданий и сооружений***

Тенденции в области планировочных решений зданий и сооружений и их влияние на пожарную опасность объектов. Основные направления противопожарной защиты жилых и общественных зданий в области планировочных решений. Требования к взаимному размещению помещений. Особенности определения площадей пожарных отсеков многофункциональных зданий. Требования к выделению противопожарных секций в жилых и общественных зданиях. Особенности противопожарной защиты атриумов и подземных сооружений. Основные направления противопожарной защиты производственных и сельскохозяйственных зданий и сооружений в области внутренней планировки. Взаимное размещение взрывопожароопасных и пожароопасных помещений в объемах зданий. Особенности определения площадей пожарных отсеков в производственных зданиях. Особенности планировки административно-бытовых помещений. Требования пожарной безопасности к размещению пожароопасных помещений в подвальных и цокольных этажах производственных зданий.

Литература [8,13,17,18,19, 20].

## ***Раздел II. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ПРЕГРАДЫ***

### ***Тема 3. Противопожарные преграды***

Противопожарные преграды, тенденции в области их размещения и конструирования. Назначение и виды противопожарных преград. Особенности их размещения и конструирования в современных зданиях и сооружениях. Противопожарные стены и перекрытия: типы, устройство, конструктивное исполнение. Противопожарная зона: устройство, область применения, нормативные требования. Местные противопожарные преграды: типы, область применения, устройство, конструктивное исполнение.

Литература [8,13,17,18,19, 20].

### ***Тема 4. Защита проемов в противопожарных преградах***

Противопожарные двери: типы, область применения, конструктивное исполнение, способы навески и механизмы самозакрывания. Защита технологических, оконных и коммуникационных проемов. Защита порталных проемов в культурно-зрелищных учреждениях. Варианты навески и конструктивное исполнение противопожарного занавеса. Методика расчета каркаса и теплоизоляции противопожарного занавеса.

Литература [8,13,17,18,19, 20].

## ***Раздел III ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ***

### ***Процесс эвакуации людей***

Определение процесса эвакуации. Проблемы обеспечения безопасности людей в зданиях и сооружениях на случай пожара. Направления технических решений по защите людей при пожаре. Основное условие обеспечения безопасной эвакуации людей. Этапы эвакуации. Параметры движения людских потоков: плотность, скорость, интенсивность движения, пропускная способность участка. Расчетное (фактическое) время эвакуации: общие положения, исходные уравнения, методика расчета. Необходимое время (время блокирования) эвакуации: опасные факторы пожара, исходные уравнения, методология расчета. Нормирование необходимого времени эвакуации. Анализ нормативных положений.

Литература [8,13,17,18,19, 21, 22].

### ***Тема 6. Обоснование количества и размеров эвакуационных путей и выходов***

Обеспечение безопасной эвакуации людей из зданий и сооружений. Эвакуационные пути и выходы: определения, схемы размещения в зданиях различного назначения. Понятие второго, аварийного, основного (предпочитаемого) эвакуационных выходов, область применения, нормативные требования к устройству. Принципы нормирования и расчет количества и размеров эвакуационных выходов. Принципы нормирования и расчет протяженности и ширины путей эвакуации. Суммарная ширина эвакуационных путей и выходов. Максимальные и минимальные размеры эвакуационных дверей, проходов, коридоров, маршей и площадок лестниц и лестничных клеток.

Литература [8,13,17,18,19, 21, 22].

### ***Тема 7. Объемно-планировочные и конструктивные решения эвакуационных путей и выходов***

Лестницы и лестничные клетки: назначение, типы, область применения, нормативные требования. Планировка мест в помещениях с массовым пребыванием людей. Анализ нормативных положений, методика экспертизы планировочных решений залов с местами для зрителей в части соответствия требованиям пожарной безопасности. Коридоры в зданиях различного назначения: планировка, конструктивное исполнение, облицовка стен, устройство подвесных потолков, противодымная защита. Планировка и исполнение эвакуационных выходов. Огнестойкость и дымопроницаемость дверей в помещениях различного назначения. Правила навески дверных полотен. Зоны безопасности. Коллективные пожаробезопасные убежища в зданиях с массовым пребыванием людей: назначение, область применения, основные принципы проверочного расчета. Методика проверки соответствия эвакуационных путей и выходов в зданиях различного назначения требованиям пожарной безопасности. Направления организационных решений по защите людей в случае возникновения пожара. Требования пожарной безопасности по содержанию эвакуационных путей и выходов при эксплуатации зданий. Планы эвакуации людей: виды, требования к составлению и содержанию. Примеры планов эвакуации.

Литература [8,13,17,18,19, 21, 22].

## **3 ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ :**

### **3.1 ПО РАЗДЕЛАМ «ВНУТРЕННЯЯ ПЛАНИРОВКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ» и «ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ОБЪЕКТОВ, ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ» :**

1. Современные тенденции проектирования зданий. Существующие планировочные схемы зданий. Пожарная опасность зданий с учетом их планировочных схем.
2. Этажность и высота зданий. Виды этажей. Особенности определения этажности и высоты зданий различного назначения, зданий размещенных на перепадах высот планировочных отметок земли более 3 м.
3. Факторы, определяющие необходимость деления зданий на пожарные отсеки. Требуемая и фактическая степени огнестойкости зданий.
4. Методика определения площади пожарного отсека, с учетом введения сил и средств на тушение возможного пожара.
5. Факторы, определяющие необходимость деления пожарного отсека на противопожарные секции.

6. Противопожарные секции в производственных зданиях. Требования к размещению категорированных по взрывопожарной опасности помещений в объеме многоэтажных зданий.
7. Основные направления противопожарной защиты в области внутренней планировки промышленных зданий. Требования к изоляции вставок, встроек, пристроек, складов с высотным стеллажным хранением.
8. Противопожарные секции в общественных и жилых зданиях. Требования к секционированию подвалов и технических подполий жилых и общественных зданий
9. Подвалы , чердаки, мансардные этажи: назначение, секционирование, изоляция от остальных этажей здания, конструктивное исполнение, нормативные требования.
10. Противопожарные требования к организации выходов из подвалов и технических подполий. Необходимость устройства и назначение окон с прямыми в подвалах зданий.
11. Противопожарные требования к размещению помещений категории В по пожарной опасности в подвалах производственных зданий.
12. Противопожарные требования к организации выходов на кровлю зданий различного назначения и высоты.
13. Выбор типа наружных пожарных лестниц для подъема на кровлю зданий пожарных подразделений. Нормативные требования к устройству наружных пожарных лестниц.
14. Методика проверки соответствия противопожарным требованиям планировочных решений здания.
15. Генплан: понятие, виды, цель разработки, нормативные документы, содержащие требования к генеральной планировке территорий.
16. Принципы генеральной планировки территорий населенных мест, промышленных предприятий и других объектов.
17. Меры пожарной безопасности, ограничивающие распространение пожара между объектами на территории промышленного предприятия.
18. Меры пожарной безопасности, обеспечивающие успешное тушение пожара на объектах, размещенных на территории промышленного предприятия.
19. Противопожарные расстояния (разрывы) между объектами на территории: понятие, назначение, способы определения, величины противо-пожарного разрыва.
20. Нормативный способ определения противопожарного расстояния (разрыва) между объектами. Факторы, влияющие на нормативное значение противопожарного разрыва. Назначение и нормирование величины противопожарных расстояний (разрывов) между зданиями, сооружениями, складами.
21. Мероприятия, компенсирующие отсутствие или недостаточную величину противопожарного расстояния (разрыва) между объектами.
22. Методика расчета величины противопожарного расстояния (разрыва) между объектами, допущения в расчете, проверяемое условие безопасности, основные расчетные величины, факторы, влияющие на величину противопожарного разрыва.
23. Способы определения коэффициента облученности (углового коэффициента). Факторы, влияющие на величину  $\phi$  в расчете противопожарных расстояний (разрывов) между объектами.
24. Методика экспертизы проекта генплана промышленного предприятия.
25. Определение интенсивности падающего теплового потока в расчете величины противопожарных расстояний (разрывов) между объектами.
26. Форма и размер пламени в расчетах величины противопожарных расстояний (разрывов) между объектами.

### **3.2 ПО РАЗДЕЛАМ «ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ПРЕГРАДЫ» и «ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»:**

1. Виды, типы и назначение противопожарных преград.

2. Конструкции, применяемые для деления зданий на пожарные отсеки.
3. Противопожарные стены: типы, конструктивное исполнение, нормативные требования.
4. Защита дверных и оконных проемов в противопожарных стенах: типы, конструктивное исполнение, нормативные требования. Необходимость устройства тамбур-шлюзов с подпором воздуха.
5. Защита проемов в междуэтажных перекрытиях многосветных пространств: необходимость, конструктивное исполнение, нормативные требования.
6. Конструкции, применяемые для деления пожарных отсеков на противопожарные секции.
7. Противопожарные перегородки: типы, конструктивное исполнение, нормативные требования.
8. Защита дверных проемов в противопожарных перегородках: типы, конструктивное исполнение, нормативные требования. Необходимость устройства тамбур-шлюзов с подпором воздуха.
9. Защита технологических проемов в противопожарных преградах. Местные противопожарные преграды: назначение, область применения, виды, устройство.
10. Противопожарный занавес: назначение, область применения, виды, устройство, нормативные требования.
11. Противопожарные и противоподымные шторы и экраны: назначение, область применения, конструктивное исполнение, нормативные требования.
12. Противопожарные преграды с проемностью более 25%: назначение, область применения, нормативные требования.
13. Методика проверки соответствия противопожарным требованиям противопожарных преград в здании.
14. Процесс эвакуации и эвакуационный выход: определения. Нормативные требования к количеству, размерам и рассредоточенности эвакуационных выходов в помещениях и на этажах зданий.
15. Типы эвакуационных лестниц и лестничных клеток. Нормативные требования к размерам маршей и площадок.
16. Незадымляемые лестничные клетки: область применения, виды, нормативные требования.
17. Внутренние открытые лестницы: возможность использования для эвакуации, нормативные требования.
18. Наружные открытые лестницы: возможность использования для эвакуации, нормативные требования.
19. Основное условие безопасной эвакуации людей. Факторы, влияющие на расчетное и необходимое время эвакуации. Опасные факторы пожара.
20. Плотность людского потока: физический смысл, размерность, взаимосвязь со скоростью и интенсивностью движения.
21. Пропускная способность участка эвакуационного пути: физический смысл, размерность, взаимосвязь с интенсивностью движения.
22. Скорость движения людского потока: физический смысл, размерность, взаимосвязь с плотностью и интенсивностью движения.
23. Интенсивность движения людского потока. Определение. Математическое описание.
24. Условие образования задержки в движении людского потока при эвакуации. Определение времени задержки людского потока на путях эвакуации (с выводом формулы).
25. Принципы нормирования количества и размеров эвакуационных выходов. Требования пожарной безопасности к конструктивно-планировочным решениям эвакуационных путей и выходов.

26. Методика проверки соответствия эвакуационных путей и выходов противопожарным требованиям.

## 4 ЗАДАЧИ

### 4.1 Расчет площади пожарного отсека

**Задача 4.1.1.** Определить площадь пожарного отсека в производственном двухэтажном здании категории А, I степени огнестойкости и сравнить ее с допустимой, определяемой по нормам (при несоответствии написать допустимое значение (по таблицам 1.9. и 1.10.)). Высота здания до 36 м. Площадь разлива горючей жидкости в пределах бортиков  $S_{гор} = 100 \text{ м}^2$ . Нормативное время тушения пожара  $\tau_n = 10$  мин, Коэффициент безопасности приняты равным  $k_0 = 1,1$ . Установки автоматического пожаротушения отсутствуют. Остальные исходные данные приведены в табл. 4.1.1.

Таблица 4.1.1.

Вариант	Минимальный предел огнестойкости строительных конструкций $P_{ф, \text{мин}}$	Площадь помещения $S_{этажа, \text{м}^2}$	Время свободного развития пожара $\tau_{св, \text{мин}}$	Интенсивность подачи огнетушащих средств $J, \text{л/м}^2\text{с}$	Гарантированный расход огнетушащих средств $Q, \text{л/с}$
1	30	500	8	0,05	10
2	45	250	9	0,08	20
3	60	166	9	0,40	30
4	30	125	7	0,08	40
5	45	100	10	0,40	10
6	60	83,3	12	0,05	20
7	30	71,4	5	0,40	30
8	45	333	10	0,05	40
9	60	200	13	0,08	10
10	30	142	8	0,05	20
11	45	111	10	0,40	30
12	60	90,9	14	0,08	40
13	30	285	5	0,40	10
14	45	222	15	0,05	20
15	60	181	15	0,08	30
16	45	550	12	0,08	10
17	60	157	8	0,40	20
18	30	100	8	0,08	30
19	45	220	13	0,05	40
20	60	148	9	0,40	10
21	30	366	10	0,08	20
22	45	122	11	0,05	30
23	60	250	9	0,40	40
24	30	183	8	0,08	10
25	45	323	13	0,05	20

**Задача 4.1.2.** Определить площадь пожарного отсека в производственном многоэтажном здании категории В, II степени огнестойкости и сравнить ее с допустимой, определяемой по нормам (при несоответствии указать допустимое по НТД значение). Высота здания до 48 м. Размеры помещения, в котором возможно возникновение пожара: длина 30 м и ширина 10 м.



Форма развития пожара – круговая. Интенсивность подачи воды при тушении пожара  $J = 0,16$  л/(м<sup>2</sup> с). Время тушения пожара первым подразделением до введения стволов дополнительными силами  $\tau_1 = 11$  мин. Коэффициент объемности принять равным  $k_0 = 1,1$ . Место возникновения пожара- Остальные исходные данные приведены в табл. 4.1.2. Помещение оборудовано установками автоматического пожаротушения.

Таблица 4.1.2

Вариант	Минимальный предел огнестойкости строительных конструкций $P_{ф,мин}$	Скорость распространения пламени $V_{л}$ м/мин	Время свободного развития пожара $\tau_{св}$ , мин	Гарантированный расход огнетушащих средств, подаваемых	
				первым подразделением $Q_1$ , л/с	Дополнительными силами $Q_2$ , л/с
1	30	0,8	9	3,7	10
2	45	0,9	10	7,4	20
3	60	1,0	11	3,7	30
4	30	1,1	7	7,4	40
5	45	1,2	11	3,7	10
6	60	1,3	10	7,4	20
7	30	1,4	8	3,7	30
8	45	1,5	10	7,4	40
9	60	1,6	12	3,7	10
10	30	1,7	6	7,4	20
11	45	1,8	8	3,7	30
12	60	1,9	10	7,4	40
13	30	2,0	5	3,7	10
14	45	2,1	7	7,4	20
15	60	2,2	9	3,7	30
16	35	3,0	2	3,7	10
17	30	2,9	3	7,4	20
18	45	2,8	4	3,7	30
19	60	2,7	5	7,4	40
20	35	2,8	2	3,7	10
21	30	3,0	3	7,4	20
22	45	2,9	4	3,7	30
23	60	2,8	5	7,4	40
24	35	2,9	2	3,7	10
25	30	2,7	3	7,4	20

**Задача 3.1.3.** Определить площадь пожарного отсека в складском одноэтажном здании категории В, II степени огнестойкости и сравнить ее с допустимой, определяемой по нормам.(при несоответствии написать допустимое значение (по НТД). Высота здания не ограничена. Размеры помещения, в котором возможно возникновение пожара: длина 25 м, ширина 20 м. Форма развития пожара – угловая. Интенсивность подачи воды при тушении пожара  $J = 0,17$  л/(м<sup>2</sup> с). Время тушения пожара первым подразделением до введения стволов дополнительными силами  $\tau_1 = 11$  мин. Коэффициент безопасности принять равным  $k_0 = 1,1$ . Остальные исходные данные приведены в табл. 1.6. Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Таблица 4.1.3.

Вариант	Минимальный предел огнестойкости строительных конструкций $P_{ф, мин}$	Скорость распространения пламени $V_{л, м/мин}$	Время свободного развития пожара $\tau_{св, мин}$	Гарантированный расход огнетушащих средств, подаваемых	
				первым подразделением $Q_1, л/с$	дополнительными силами $Q_2, л/с$
1	45	1,8	11	3,7	10
2	60	2,0	12	7,4	20
3	30	1,4	10	3,7	30
4	45	1,9	11	7,4	40
5	60	1,6	12	3,7	10
6	30	2,1	10	7,4	20
7	45	1,7	11	3,7	30
8	60	1,5	12	7,4	40
9	30	1,9	10	3,7	10
10	45	2,1	11	7,4	20
11	60	1,8	12	3,7	30
12	30	1,5	10	7,4	40
13	45	2,0	11	3,7	10
14	60	1,7	12	7,4	20
15	30	1,6	10	3,7	30
16	45	1,8	3	7,4	20
17	60	1,5	4	3,7	30
18	30	2,0	5	7,4	40
19	45	1,6	2	3,7	10
20	60	1,3	3	7,4	20
21	30	2,1	4	3,7	30
22	45	1,7	5	7,4	40
23	60	1,6	2	3,7	10
24	30	1,9	3	7,4	20
25	45	1,5	4	3,7	30

### Методика расчета

Допустимая площадь пожарного отсека  $F_{отс}$  в соответствии с [Грушевский Б.В. и др.; с.452] при одноэтапном введении сил и средств на тушение пожара определяется по формуле:

$$F_{отс} = \frac{(m_{n_{КФ}} - \tau_{св}) * Q}{J * \tau_{н} * \beta} \quad (4.1.1)$$

где:  $m_n$  - коэффициент изменения огнестойкости строительных конструкций для различных температурных режимов;

№	Коэффициент изменения огнестойкости строительных конструкций для различных температурных режимов	Значение коэффициента изменения огнестойкости строительных конструкций
1	при отсутствии систем автоматического тушения	0,62
2	при наличии систем автоматического тушения	0,67
3	«стандартный» режим с производствами категории В	0,47 0,44 0,5
4	горение ГЖ или другие производства категории	2,25 2,25

	Б	
5	горение ГЖ или другие производства категории	0,73
6	горение ЛВЖ или другие производства категории	0,47 0,53 0,63

$\Pi_{\phi}$  - минимальный фактический предел огнестойкости одной из строительных конструкции здания (колонны, стены, перекрытия и т.п.), мин;

$k_0$  - коэффициент безопасности;

$\tau_{св}$  - время свободного развития пожара, мин;

$Q_{л}$  - расход огнетушащих веществ, подаваемых на тушение пожара подразделением ГПС или АУПТ, л/с;

$J$  — интенсивность подачи огнетушащих веществ, л/(с м<sup>2</sup>);

$\tau_n$  — нормативное время тушения, мин;

$\beta$  - коэффициент объемности

$$\beta = \frac{S_{\text{пожара}}}{S_{\text{этажа}}} \quad (4.1.2.)$$

В представленных вариантах  $S$  пожара может определяться в зависимости от условия задания по площади разлива горючей жидкости или по форме площади пожара, зависящей от места его возникновения, линейной скорости распространения горения и времени развития.

$S$  пожара =  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot R^2$  - угловая форма пожара;

$S$  пожара =  $\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2$  - полукруговая форма пожара;

$S$  пожара =  $\pi \cdot R^2$  - круговая форма пожара.

$R$  (радиус) пожара, м - путь, пройденный огнем за время развития пожара –зависит от скорости распространения пламени и времени свободного развития пожара  $\tau_{св}$ . В расчетах:

– при  $\tau_{св} \leq 10$  мин.)  $V_{л}$  принимается равной половине ее табличного значения

$$R = 0,5 \cdot V_{л}^{табл} \cdot \tau_{св}; \quad (4.1.3)$$

– при значении  $\tau_{св} > 10$  мин. и до введения первых средств на тушение пожара  $V_{л}$  принимается равной ее табличной величине

$$R = 0,5 \cdot V_{л}^{табл} \cdot 10 + V_{л}^{табл} \cdot (\tau_{св} - 10); \quad (4.1.4)$$

Допустимая площадь пожарного отсека  $F_{отс}$  при поэтапном введении сил и средств на тушение пожара определяется по формуле:

$$F_{отс} = \frac{(m_n \frac{\Pi_{\phi}}{k_0} - (\tau_{св} + \tau_1)) \cdot Q_2 + \tau_1 \cdot Q_1}{J \cdot \tau_1 \cdot \beta}; \text{ м}^2 \quad (4.1.5)$$

где:  $\tau_1$  - время подачи огнетушащих веществ первыми прибывшими подразделениями, мин;

$Q_1$  - расход огнетушащих веществ, подаваемых на тушение пожара первыми прибывшими подразделениями, л/с;

$Q_2$  - расход огнетушащих веществ, подаваемых на тушение дополнительно прибывшими подразделениями, л/с.

#### 4.2. Теплоизоляция противопожарного занавеса

**Задача 4.2.1.** Определить предел огнестойкости противопожарного занавеса по прогреву теплоизоляции, которая состоит из двух слоев (см.рис. 4.2.1.). Первый слой (со стороны обогрева) выполнен из **вулканита** плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$ , а второй слой - из **совелита** плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$ . Толщина слоев приведена в табл.4. 2.1.

**Задача 4.2.2.** Определить предел огнестойкости противопожарного занавеса по прогреву теплоизоляции, которая состоит из двух слоев (см.рис. 4.2.1.). . Первый слой (со стороны обогрева) выполнен из **асбестовермикулитовых плит** плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$ , а второй слой - из **перлитовых плит** плотностью  $250 \text{ кг/м}^3$ . Толщина слоев приведена в табл.4.2 2.

**Задача 4.2.3.** Определить предел огнестойкости противопожарного занавеса по прогреву теплоизоляции, которая состоит из двух слоев . Первый слой (со стороны обогрева) выполнен из **асбодиаомовой штукатурки** плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$ , а второй слой - из **стекловолоконных матов** плотностью  $200 \text{ кг/м}^3$ . Толщина слоев приведена в табл. 4.2. 1

**Задача 4.2.4.** Определить предел огнестойкости противопожарного занавеса по прогреву теплоизоляции, которая состоит из двух слоев (см. рис. 4.2.1.). Первый слой (со стороны обогрева) выполнен из **вулканита** плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$ , а второй слой - из **стекловолоконных матов** плотностью  $100 \text{ кг/м}^3$ . Толщина слоев приведена в табл. 4. 2.2.

**Таблица 4.2.1(к задачам 4. 2.1 и 4.2.3)**

номер варианта	толщина $\delta$ , мм	
	1-го слоя	2-го слоя
1	30	30
2	40	40
3	50	50
4	40	30
5	50	40
6	25	35
7	15	45
8	20	30
9	50	30
10	30	40
11	30	50
12	40	50
13	40	45
14	15	30
15	20	40

**Таблица 4. 2.2 (к задачам 4.2.2 и 4. 2.4)**

номер варианта	толщина $\delta$ , мм	
	1-го слоя	2-го слоя
16	30	10
17	40	20
18	50	30
19	40	10
20	50	20
21	35	25
22	45	15
23	50	25
24	30	30
25	40	30
26	50	10
27	30	20
28	40	25
29	35	15
30	45	25

### Методика решения

Температура на поверхности каркаса не должна превышать 200 °С через 1,2 ч с момента нагревания. При наличии водяного орошения и автоматических систем пожаротушения на сцене допускается теплоизоляцию каркаса рассчитывать на 0,5 часа.

Имея исходные данные, задаются толщиной изоляции, а затем расчетным путем определяют предел огнестойкости противопожарного занавеса. Под понятием предела огнестойкости в данном случае подразумевается время, по истечении которого каркас занавеса прогреется до 200 °С. Для расчета времени прогрева теплоизоляции противопожарного занавеса удобно воспользоваться методом конечных разностей, который является универсальным при решении задач нестационарной теплопроводности.

**Пример.** Проверить соответствие теплоизоляции противопожарного занавеса требованиям пожарной безопасности. Теплоизоляция состоит из двух слоев (рис. 2.1.): первый слой (со стороны обогрева) - из асбодиаомовой штукатурки толщиной  $\delta = 17$  мм и плотностью  $\rho_1 = 400$  кг/м<sup>3</sup>, второй слой из совелита толщиной  $\delta = 18$  мм и плотностью равной  $\rho_2 = 350$  кг/м<sup>3</sup>.

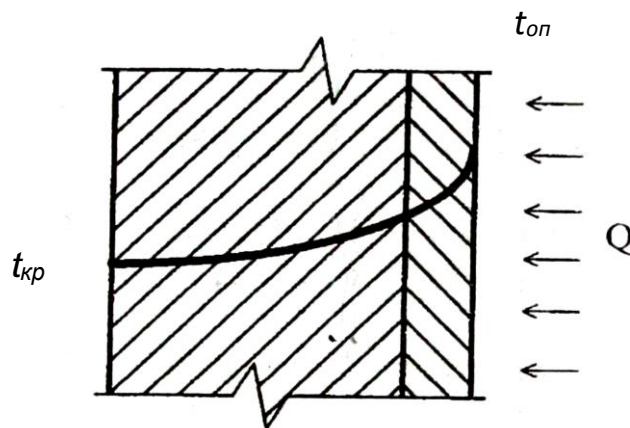


Рис. 2.1. Расчётная схема для определения предела занавеса

**Решение.** В соответствии с требованиями норм [12] температура на поверхности каркаса занавеса  $t_{кр}$  через 1 ч с момента начала пожара на сцене не должна превышать 180 °С. При этом температура среды с обогреваемой стороны занавеса изменяется по "стандартному" режиму.

1. Определяем теплофизические параметры теплоизоляции. Определим температуру обогреваемой поверхности теплоизоляции занавеса через  $\tau = 1$  ч «стандартного» режима пожара:

$$t_{on} = 1250 - (1250 - t_n) * \operatorname{erf}\left(\frac{k}{2\sqrt{\tau}}\right),$$

где:  $t_n = 20$  °С - начальная температура;  $K$  - коэффициент, зависящий от объемной массы сухого материала,  $\text{ч}^{0,5}$  (приложение 1).

Для определения коэффициента  $K$  необходимо знать приведенную плотность теплоизоляции  $\rho^{np}$ .

1.2. Объемная масса асбодиаомовой штукатурки  $\rho_1$  и совелита  $\rho_2$  с учетом поправки на температуру составит:

$$p_{t1} = 0.95 \cdot 400 = 380 \text{ кг/м}^3$$

$$p_{t2} = 0.95 \cdot 350 = 332.5 \text{ кг/м}^3$$

Тогда:

$$\rho_t^{np} = (\rho_{t1} \cdot \delta_1 + \rho_{t2} \cdot \delta_2) / (\delta_1 + \delta_2) = (380 \cdot 0.017 + 332.5 \cdot 0.018) / (0.017 + 0.018) = 355.57 \text{ кг/м}^3$$

1.3. По значению  $\rho_t^{np}$ , используя приложение 3, определим  $K = 0.485 \text{ ч}^{0.5}$ , а температура обогреваемой поверхности равна:

$$t_{\text{оп}} = 1250 - (1250 - 20) \cdot \text{erf}(A)$$

Значению аргумента  $A = 0.485 / (2\sqrt{1}) = 0.2425$  соответствует, по приложению 2, значение функции  $\text{erf} A = 0.2684$ , тогда:

$$t_{\text{оп}} = 1250 - (1250 - 20) \cdot 0.2684 = 919.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.4. Средняя температура теплоизоляции равна:

$$t_{\text{ср}} = (t_{\text{оп}} + t_{\text{кр}}) / 2 = (919.9 + 180) / 2 = 550 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.5. Коэффициент теплопроводности асбодиамастовой штукатурки, по приложению 3, составляем:

$$\lambda_{t1} = 0.08 \cdot (1 + 0.0026 \cdot t_{\text{ср}}) = 0.08 \cdot (1 + 0.0026 \cdot 550) = 0.1940 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$$

1.6. Коэффициент теплопроводности совелита, по приложению 3, равен:

$$\lambda_{t2} = 0.079 \cdot (1 + 0.00126 \cdot t_{\text{ср}}) = 0.079 \cdot (1 + 0.00126 \cdot 550) = 0.1347 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$$

1.7. Приведенный коэффициент теплопроводности составляет:

$$\lambda_t^{np} = (\lambda_{t1} \cdot \delta_1 + \lambda_{t2} \cdot \delta_2) / (\delta_1 + \delta_2) = (0.1940 \cdot 0.017 + 0.1347 \cdot 0.018) / (0.017 + 0.018) = 0.1635 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$$

1.8. Удельная теплоемкость совелита и штукатурки равна (прил. 5):

$$C_{t1} = C_{t2} = 0.84 \cdot (1 + 0.0005 \cdot t_{\text{ср}}) = 0.84 \cdot (1 + 0.0005 \cdot 550) = 1.075 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$$

1.9. Приведенная удельная теплоемкость составит:

$$C_t^{np} = (c_{t1} \cdot \delta_1 + c_{t2} \cdot \delta_2) / (\delta_1 + \delta_2) = (1.0752 \cdot 0.017 + 1.0752 \cdot 0.018) / (0.017 + 0.018) = 1.0752 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$$

1.10. Приведенный коэффициент температуропроводности равен:

$$a_t^{np} = \frac{3.6 \cdot \lambda_t^{np}}{c_t^{np} \cdot \rho_t^{np}} = \frac{3.6 \cdot 0.1635}{1.0752 \cdot 355.57} = 0.001539 \text{ м}^2 / \text{ч}$$

2. Разбиваем сечение теплоизоляции занавеса на  $n$ -е количество расчетных слоев и определяем расчетный интервал времени  $\Delta \tau$ . Например, при  $n=4$

$$\Delta \delta = (\delta_1 + \delta_2) / 4 = (17 + 18) / 4 = 8.75 \text{ мм,}$$

Тогда:

$$\Delta \tau = \Delta \delta^2 / (2a_1^{np}) = 0.00875^2 / (2 * 0.001539) = 0.0249 \text{ ч} = 1,49 \text{ мин}$$

**Следовательно, интервал времени для расчета равен 1, 49 мин или 0,02483 часа (1.49/60)**

3. Определяем температуру на обогреваемой поверхности  $t_{on}$  в слоях:

**при  $\tau = 0.02489$  ч:**

$$t_{on} = 1250 - (1250 - 20) * \text{erf}(A),$$

$$\text{где } A = 0.485 / 2\sqrt{0.02489} = 1.537, \text{ тогда } \text{erf } A = 0.9703, \text{ и}$$

$$t_{on} = 1250 - (1250 - 20) * 0.9703 = 56.56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r2}) / 2 = (56.67 + 20) / 2 = 38.34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r2}) / 2 = (20 + 20) / 2 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ и } t_4 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**при  $\tau = 0.04978$  ч:**

$$t_{on} = 1250 - (1250 - 20) * \text{erf}(A),$$

$$\text{где } A = 0.485 / 2\sqrt{0.04978} = 1.0869, \text{ тогда } \text{erf } A = 0.8757, \text{ и}$$

$$t_{on} = 1250 - (1250 - 20) * 0.8757 = 172.86 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r2}) / 2 = (56.67 + 20) / 2 = 38.34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r2}) / 2 = (20 + 20) / 2 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ и } t_4 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**При  $\tau = 0.07467$  ч:**

$$t_{on} = 1250 - (1250 - 20) * \text{erf}(A),$$

$$\text{где } A = 0.485 / 2\sqrt{0.07467} = 0.8874, \text{ тогда } \text{erf } A = 0.7905, \text{ и}$$

$$t_{on} = 1250 - (1250 - 20) * 0.7905 = 277.56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r2}) / 2 = (172.86 + 20) / 2 = 96.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r2}) / 2 = (38.34 + 20) / 2 = 29.17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ и } t_4 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**При  $\tau = 0.09956$  ч**

$$t_{on} = 1250 - (1250 - 20) * \text{erf}(A),$$

$$\text{где } A = 0.485 / 2\sqrt{0.09956} = 0.7685, \text{ тогда } \text{erf } A = 0.7228,$$

$$t_{\text{оп}} = 1250 - (1250 - 20) * 0.7228 = 360,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r_2}) / 2 = (277.56 + 29.17) / 2 = 153.36^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r_2}) / 2 = (96.43 + 20) / 2 = 58.22^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r_2}) / 2 = (29.17 + 20) / 2 = 24.58^{\circ}\text{C}$$

Так как в предпоследнем (третьем) расчетном слое температура превысила значение  $t_{\text{н}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , то температуру на необогреваемой поверхности (четвертый слой) определяем с учетом коэффициента теплоотдачи  $\alpha$ , т.е.:

$$t_4 = t_3 - (t_3 - t_{\text{н}}) * \frac{\Delta \delta / \lambda_{t_2}}{\Delta \delta / \lambda_{t_2} + 1 / \alpha},$$

Где:

$$\lambda_{t_2} = 0.79 * (1 + 0.00126 * (t_{\tau-\Delta r_3} + t_{\tau-\Delta r_4}) / 2) = 0.079 * (1 + 0.00126 * (20 + 20) / 2) = 0.081 \text{ BT} / (\text{M}^2 * ^{\circ}\text{C})$$

$$\alpha = 6.4 + 0.052 t_{\tau-\Delta r_4} = 6.4 + 0.052 * 20 = 7.44 \text{ BT} / (\text{M}^2 * ^{\circ}\text{C})$$

$$t_4 = 24.58 - (24.58 - 20) * \frac{0.00875 / 0.081}{0.00875 / 0.081 + 1 / 7.44} = 22.54^{\circ}\text{C}$$

**При  $\tau = 0.12445 \text{ ч}$**

$$t_{\text{оп}} = 1250 - (1250 - 20) * \text{erf}(A),$$

где  $A = 0.485 / \sqrt{0.12445} = 0.6884$ , тогда  $\text{erf } A = 0.6690$ , и

$$t_{\text{оп}} = 1250 - (1250 - 20) * 0.6690 = 426.93^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r_2}) / 2 = (360.68 + 58.22) / 2 = 209.45^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r_2}) / 2 = (153.36 + 24.28) / 2 = 89.97^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = (t_{r-\Delta r} + t_{\tau-\Delta r_2}) / 2 = (58.22 + 22.54) / 2 = 40.38^{\circ}\text{C}$$

$$t_4 = 40.38 - (40.38 - 20) * \frac{0.00875 / 0.081}{0.00875 / 0.081 + 1 / 7.75} = 31.23^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_{t_2} = 0.079 * (1 + 0.00126 * (t_{t-\Delta r_3} + t_{t-\Delta r_4}) / 2) = 0.079 * (1 + 0.00126 * (24.58 + 22.54) / 2) = 0.0813 \text{ BT} / (\text{M}^2 * ^{\circ}\text{C})$$

$$\alpha = 6.4 + 0.052 t_{t-\Delta r_4} = 6.4 + 0.052 * 22.54 = 7.57 \text{ BT} / (\text{M}^2 * ^{\circ}\text{C})$$



Расчет проводим до момента времени, когда на необогреваемой поверхности установится  $t_{\text{нп}} = 180^\circ\text{C}$ . в данном случае (см. табл. 4.2.3) предел огнестойкости занавеса составляет более 1 ч, что соответствует требованиям пожарной безопасности.

Таблица 4.2.3

X, ч	T °C	Температура в слоях теплоизоляции, °C			
	T <sub>оп</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
0,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
0,024	56,674	20,000	20,000	20,000	20,000
0,050	172,863	38,368	20,000	20,000	20,000
0,075	277,560	96,432	29,168	20,000	20,000
0,099	360,675	153,364	58,216	24,584	22,541
0,124	426,933	209,445	88,974	40,379	31,231
0,149	480,865	257,953	124,912	60,103	41,673
0,174	525,697	308,889	159,028	83,292	53,458
0,199	563,654	342,368	193,090	106,243	64,545
0,224	596,296	878,372	224,303	128,818	75,080
0,249	624,736	410,899	253,595	149,691	84,479
0,274	649,796	439,166	879,995	169,037	92,995
0,298	672,089	464,896	304,101	186,495	100,505
0,323	692,085	488,095	325,695	202,303	107,204
0,348	710,151	508,890	345,199	216,450	113,109
0,873	726,377	587,675	362,670	229,154	118,359
0,398	741,596	544,623	378,415	240,514	123,006
0,423	755,396	560,005	392,569	250,710	127,147
0,448	768,135	573,983	405,358	259,858	130,837
0,472	779,940	586,746	416,920	268,097	134,143
0,497	790,920	598,430	487,422	275,532	137,112
0,522	801,167	609,171	436,981	282,267	139,791
0,547	810,758	619,074	445,719	288,386	142,217
0,572	819,761	628,238	453,730	293,968	144,483
0,597	828,233	636,745	461,103	299,077	146,437
0,622	836,824	644,668	467,911	303,770	148,283
0,646	843,779	652,068	474,219	308,097	149,981
0,671	850,935	658,999	480,082	312,100	151,549
0,696	857,726	665,508	485,549	315,816	153,008
0,781	864,188	671,638	490,662	319,276	154,354
0,746	870,389	677,422	495,457	322,508	155,644
0,771	876,193	682,893	499,965	325,535	156,793
0,796	881,793	688,079	504,214	328,379	157,900
0,821	887,149	693,004	508,229	331,057	158,941
0,845	892,278	697,689	512,030	333,585	159,922
0,870	897,196	702,154	515,637	335,976	160,850
0,895	901,916	706,416	519,065	338,243	101,728
0,920	906,452	710,490	522,330	340,397	162,562
0,945	910,815	714,391	525,444	342,446	163,355
0,970	915,017	718,189	588,418	344,399	164,110
0,995	919,066	721,718	531,264	346,264	164,831
1,019	922,971	785,165	533,991	348,048	165,519

## Приложение 1

Значение коэффициента К, зависящего от плотности материала

$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	<100	1000	1500	2000	2300	2450
K, $\psi^{0.5}$	0,46	0,55	0,58	0,60	0,62	0,65

## Приложение 2

Значение Гауссова интеграла ошибок (функции Краппа)

A	erf A	A	erf A	A	erf A	A	erf A
0,00	0,0000	0,50	0,5205	1,00	0,8427	1,50	0,9661
0,02	0,0226	0,52	0,5379	1,02	0,8508	1,52	0,9684
0,04	0,0451	0,54	0,5549	1,04	0,8586	1,54	0,9706
0,06	0,0676	0,56	0,5716	1,06	0,8661	1,56	0,9726
0,08	0,0901	0,58	0,5879	1,08	0,8733	1,58	0,9745
0,10	0,1125	0,60	0,6039	1,10	0,8802	1,60	0,9763
0,12	0,1348	0,62	0,6194	1,12	0,8868	1,62	0,9780
0,14	0,1569	0,64	0,6346	1,14	0,8931	1,64	0,9796
0,16	0,1790	0,66	0,6494	1,16	0,8991	1,66	0,9811
0,18	0,2009	0,68	0,6638	1,18	0,9048	1,68	0,9825
0,20	0,2227	0,70	0,6778	1,20	0,9103	1,70	0,9838
0,22	0,2443	0,72	0,6914	1,22	0,9155	1,72	0,9850
0,24	0,2657	0,74	0,7047	1,24	0,9205	1,74	0,9861
0,26	0,2869	0,76	0,7175	1,26	0,9252	1,76	0,9872
0,28	0,3079	0,78	0,7300	1,28	0,9297	1,78	0,9882
0,30	0,3286	0,80	0,7421	1,30	0,9340	1,80	0,9891
0,32	0,3491	0,82	0,7538	1,32	0,9381	1,90	0,9928
0,34	0,3694	0,84	0,7651	1,34	0,9419	2,00	0,9953
0,36	0,3893	0,86	0,7761	1,36	0,9456	2,10	0,9970
0,38	0,4090	0,88	0,7867	1,38	0,9460	2,20	0,9981
0,40	0,4284	0,90	0,7969	1,40	0,9523	2,30	0,9989
0,42	0,4475	0,92	0,8068	1,42	0,9554	2,40	0,9993
0,44	0,4662	0,94	0,8163	1,44	0,9583	2,50	0,9996
0,46	0,4847	0,96	0,8254	1,46	0,9611	2,60	0,9998
0,48	0,5027	0,98	0,8312	1,48	0,9637	2,70	0,9999
							1

### Приложение 3

#### Характеристики теплоизоляционных материалов

Наименование теплоизоляционных материалов	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности с учетом поправки на температуру, Вт/(м °С)	Размер плиты, мм			Допустимая температура применения, °С
			Длина	Толщина	Ширина	
Совелит (плиты)	400	$\lambda_t = 0,0825(1 + 0,00125 t_{cp})$	500	30,40,50	170	500
	350	$\lambda_t = 0,079(1 + 0,00126 t_{cp})$				
Вулканит (смесь молотого трепела или диатомита, извести и асбеста с водой)	400	$\lambda_t = 0,08(1 + 0,0026 t_{cp})$	500	30,40,50	170	600
Асбодиатомовая штукатурка	400	$\lambda_t = 0,08(1 + 0,0026 t_{cp})$	500	30,40,50	170	600
Асбестоцементные плиты	300	$\lambda_t = 0,079(1 + 0,0015 t_{cp})$	1000	30	500	450
	400	$\lambda_t = 0,088(1 + 0,0015 t_{cp})$				
	500	$\lambda_t = 0,092(1 + 0,0014 t_{cp})$				
Асбестовермикулитовые плиты	200	$\lambda_t = 0,071(1 + 0,0023 t_{cp})$	1000	30,40,50	500	600
(масса, состоящая из обожженного вермикулита, асбеста и связующих веществ)	250	$\lambda_t = 0,0756(1 + 0,00276 t_{cp})$				
	300	$\lambda_t = 0,08(1 + 0,0025 t_{cp})$				
	380	$\lambda_t = 0,0826(1 + 0,00268 t_{cp})$				
Перлитовые плиты	200	$\lambda_t = 0,07(1 + 0,0023 t_{cp})$	500	30,40,50	500	800
	250	$\lambda_t = 0,081(1 + 0,002 t_{cp})$				
Камышит (плиты)	260-360	$\lambda_t = 0,1$ при 0°С				100
Маты и полосы из стеклянного волокна (прошитые асбестовой или стеклянной нитью полосы стекловолокон)	100-200	$\lambda_t = 0,04(1 + 0,0075 t_{cp})$	1000 - - 3000	10-30	200 - 750	450
Доломитовые плиты	260-360	$\lambda_t = 0,1$ при 0°С			100	100
Войлок шерстяной	300	$\lambda_t = 0,05(1 + 0,004 t_{cp})$			90	
Асбестовый картон	1000	$\lambda_t = 0,157(1 + 0,00089 t_{cp})$			450	90
						450

Коэффициент теплоёмкости материалов с учетом поправки на температуру можно принимать  $C_t = 0,84 (1 + 0,0005 t_{cp})$ , кДж/(кг °С).

### 4.3 Определение размеров путей эвакуации по нормативным документам

**Задача 4.3.1.** Определить по соответствующим [1-7] нормативным документам допустимое расстояние от наиболее удаленной точки помещения до эвакуационного выхода по вариантам:

1. Для торгового зала проектируемого рынка, если фактическая степень огнестойкости здания II, класс конструктивной пожарной опасности  $C_0$ , площадь торгового зала  $1800 \text{ м}^2$ , площадь оборудования в нем  $1400 \text{ м}^2$ , а высота зала 5 м.

2. Для цеха площадью  $1000 \text{ м}^2$  с производством категории А, в здании II степени огнестойкости с высотой этажа 9 м, класс конструктивной пожарной опасности  $C_1$ . Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе  $25 \text{ м}^2$ . Количество работающих в цехе 45 чел., размеры общего прохода в цехе  $1,5 \times 18 \text{ м}$ .

3. Для торгового зала проектируемого магазина, если фактическая степень огнестойкости здания II, класс конструктивной пожарной опасности  $C_0$ . Площадь застройки здания  $1700 \text{ м}^2$ , площадь торгового зала  $800 \text{ м}^2$ , а его высота 3,3 м. Площадь оборудования в торговом зале составляет  $500 \text{ м}^2$ .

4. Для цеха площадью  $2143 \text{ м}^2$  с производством категории Б в здании II степени огнестойкости с высотой этажа 10,5, класс конструктивной пожарной опасности  $C_1$ . Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе составляет  $33,3 \text{ м}^2$ . Число работающих в цехе 25 чел., размеры общего прохода в цехе  $1,5 \times 40 \text{ м}$ .

5. Для торгового зала проектируемого универсама, если фактическая степень огнестойкости здания II, класс конструктивной пожарной опасности  $C_1$ . Площадь застройки здания  $2500 \text{ м}^2$ , площадь торгового зала  $1120 \text{ м}^2$ , а площадь оборудования в нем  $850 \text{ м}^2$ . Высота этажа 4 м.

6. Для цеха площадью  $1875 \text{ м}^2$  с производством категории А в здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности  $C_1$ . Высота этажа 12 м. Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе равна  $62,5 \text{ м}^2$ . Число работающих в цехе 31 чел., размеры общего прохода  $1,5 \times 20 \text{ м}$ .

7. Для торгового зала, проектируемого в здании сельского универсама II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности  $C_0$ . Площадь застройки здания  $3200 \text{ м}^2$ , площадь торгового зала  $700 \text{ м}^2$ , а площадь оборудования в нем -  $300 \text{ м}^2$ . Высота этажа составляет 3,3 м.

8. Для цеха площадью  $2333 \text{ м}^2$  с производством категории Б в здании II степени огнестойкости с высотой этажа 15 м, класс конструктивной пожарной опасности  $C_0$ . Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе равна  $100 \text{ м}^2$ . Число работающих в цехе 30 чел., размеры общего прохода в цехе  $2 \times 30 \text{ м}$ .

9. Для торгового зала проектируемого городского универсама, если фактическая степень огнестойкости здания II, класс конструктивной пожарной опасности  $C_1$ . Площадь застройки здания  $3000 \text{ м}^2$ , площадь торгового зала  $1200 \text{ м}^2$ , а площадь оборудования в нем составляет  $600 \text{ м}^2$ .

10. Для цеха площадью  $2500 \text{ м}^2$  с производством категории А в здании II степени огнестойкости с высотой этажа 18 м, класс конструктивной пожарной опасности  $C_0$ . Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе равна  $125 \text{ м}^2$ . Число работающих в цехе 50 чел., размеры общего прохода в цехе  $2 \times 30 \text{ м}$ .

11. Для цеха площадью  $1500 \text{ м}^2$  с производством категория А в проектируемом здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности  $C_1$ . Высота этажа 7,5 м. Возможная площадь разлива ГЖ в цехе  $20 \text{ м}^2$ . Число работающих в цехе по

сменам: 1-70 чел., 2-60 чел. Размеры общего прохода в цехе: ширина 2 м и длина 37 м. Площадь застройки 2700 м<sup>2</sup>.

12. Для торгового зала проектируемого здания рынка II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Площадь застройки 2900 м<sup>2</sup>, площадь торгового зала 1900 м<sup>2</sup>. Площадь, занимаемая оборудованием в нем - 1400 м<sup>2</sup>. Высота этажа 5 м.

13. Для цеха площадью 3000 м<sup>2</sup>. С производством категории Б в проектируемом здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>0</sub>. Высота этажа 15 м. Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе 100 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 90 чел., 2-75 чел. Размеры общего прохода в цехе: ширина 2,5 м и длина 40 м. Площадь застройки 4000 м<sup>2</sup>.

14. Для торгового зала проектируемого здания сельского магазина II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Площадь застройки 2100 м<sup>2</sup>, площадь торгового зала 700 м<sup>2</sup>, площадь, занимаемая оборудованием в нем - 530 м<sup>2</sup>, а высота этажа 3 м.

15. Для цеха площадью 2500 м<sup>2</sup> с производством категории А в проектируемом здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Высота этажа 9 м. Возможная площадь разлива ГЖ в цехе 25 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 60 чел, 2-50 чел. Размеры общего прохода в цехе: ширина 2 м и длина 35 м. Площадь застройки 4444,4 м<sup>2</sup>.

16. Для торгового зала проектируемого здания рынка II степени огнестойкости. Площадь застройки 3500 м<sup>2</sup>, площадь торгового зала 2000 м<sup>2</sup>, площадь, занимаемая оборудованием в нем - 1200 м<sup>2</sup>, а высота этажа 3,3 м.

17. Для цеха площадью 2916,6 м<sup>2</sup> с производством категории Б в проектируемом здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Высота этажа 12 м. Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе 80 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 70 чел., 2-65 чел. Размеры общего прохода в цехе: ширина 2,5 м и длина 28 м, площадь застройки 3750 м<sup>2</sup>.

18. Для торгового зала проектируемого здания городского магазина II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Площадь застройки 2400 м<sup>2</sup>, площадь торгового зала 1500 м<sup>2</sup>, площадь, занимаемая оборудованием в нем - 1130 м<sup>2</sup>, а высота этажа 3,3 м.

19. Для цеха площадью 3333,3 м<sup>2</sup> с производством категории А в проектируемом здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Высота этажа 10,5 м. Возможная площадь разлива ЛВЖ в цехе 40 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 75 чел., 2-70 чел. Размеры общего прохода в цехе: ширина 2,5 м и длина 32 м. Площадь застройки здания 5238,1 м<sup>2</sup>.

20. Для торгового зала проектируемого здания сельского магазина II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>0</sub>. Площадь застройки 2520 м<sup>2</sup>, площадь торгового зала 1750 м<sup>2</sup>, площадь, занимаемая оборудованием в нем - 1320 м<sup>2</sup>, а высота этажа 4 м.

**Задача 4.3.2.** Определить по соответствующим [1-7] нормативным документам количество и ширину эвакуационных выходов из помещений (по вариантам):

1. Для цеха с размерами 41,1х51,15 м с производством категории В в здании III степени огнестойкости. Размеры здания 25х160 м. высота этажа

7,5 м. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 150 чел., 2 - 130 чел.

2. Для торгового зала проектируемого сельского универмага, если фактическая степень огнестойкости здания II. Размеры здания 35х60 м.

площадь торгового зала 1240 м<sup>2</sup>, площадь, занимаемая оборудованием в нем. - 295 м<sup>2</sup>. Высота этажа 4,1 м.

3. Для цеха площадью 3333,3 м<sup>2</sup> с производством категории Б в здании II степени огнестойкости. Размеры здания 36,2х105,2 м. Высота этажа в здании 10,5 м. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 150 чел., 2 - 140 чел., 3—90 чел.

4. Для торгового зала проектируемого рынка в здании II степени огнестойкости площадью 2100 м<sup>2</sup>. Размеры торгового зала 26,6х60, а площадь, занимаемая оборудованием в нем. - 1210 м<sup>2</sup>. Высота этажа 6,2 м.

5. Для цеха площадью 1200 м<sup>2</sup> с производством категории А в здании II степени огнестойкости. Размеры здания 50х106 м. высота этажа 7,5 м. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 50 чел., 2-60 чел., 3-30 чел.

6. Для торгового зала проектируемого городского универмага, если фактическая степень огнестойкости здания II. Площадь застройки 2100 м<sup>2</sup>. торговый зал имеет размеры 50х20 , а площадь, занимаемая оборудованием в нем 500 м<sup>2</sup>. Высота этажа 3,2 м.

7. Для цеха с размерами 42х52,9 м с производством категории В в здании II степени огнестойкости. Размеры здания 45х74,1 м. высотой этажа 9 м. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 180 чел., 2 - 160 чел., 3 - 130 чел.

8. Для торгового зала проектируемого универмага в сельском населенном пункте, если фактическая степень огнестойкости здания II. Площадь застройки здания 2920 м<sup>2</sup>. Размеры торгового зала 31,7х70 а площадь, занимаемая оборудованием в нем - 1700 м<sup>2</sup>. Высота этажа 4,0 м.

9. Для цеха с размерами 33х61,4 м с производством категории А в здании II степени огнестойкости. Размеры здания 41х65 м. высота этажа 15 м. Число работающих в цехе по сменам: 1-150 чел., 2-130 чел.

10. Для торгового зала проектируемого рынка в здании II степени огнестойкости площадью 1800 м<sup>2</sup>. Размеры торгового зала 50х20, площадь, занимаемая оборудованием в нем - 260 м<sup>2</sup>. Высота этажа 4,6 м.

11. Для торгового зала проектируемого городского универмага II степени огнестойкости. Площадь застройки здания 2700 м<sup>2</sup>. площадь торгового зала 1500 м<sup>2</sup>, площадь, занимаемая торговым оборудованием в нем - 1128 м<sup>2</sup>. Высота этажа 3,3 м.

12. Для цеха с производством категории Б в проектируемом здании II степени огнестойкости. Площадь застройки здания 4800 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 108 чел., 2 - 90 чел. Размеры цеха 41,4х70,45 м высота его 12 м.

13. Для торгового зала проектируемого сельского универмага III степени огнестойкости. Площадь застройки здания 1700 м<sup>2</sup>, размеры торгового зала 24х40 м. площадь, занимаемая торговым оборудованием в нем. - 600 м<sup>2</sup>, высота этажа 3 м.

14. Для цеха с производством категории А в проектируемом здании II степени огнестойкости. Площадь застройки здания 6000 м<sup>2</sup>. Число работающих в нем по сменам: 1 - 77 чел., 2-66 чел. Размеры цеха 50х60 м, а высота его - 7,5 м.

15. Для торгового зала проектируемого здания рынка II степени огнестойкости. Площадь застройки 2500 м<sup>2</sup>, размеры торгового зала 38х50 м. Площадь, занимаемая торговым оборудованием в нем - 1430 м<sup>2</sup>. Высота этажа 5 м.

16. Для цеха с производством категории В в проектируемом здании III степени огнестойкости. Площадь застройки здания 4286 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 80 чел., 2 - 72 чел. Размеры цеха 39х73,26 м, а высота его - 10,5 м.

17. Для торгового зала проектируемого городского универсама II степени огнестойкости. Площадь застройки здания 2900 м<sup>2</sup>. Размеры торгового зала 36х45 м. Площадь, занимаемая оборудованием в нем — 1020 м<sup>2</sup>, высота этажа 3,5 м.

18. Для цеха с производством категории В в проектируемом здании II степени

огнестойкости. Площадь застройки 5555,5 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 90 чел., 2 - 85 чел. Размеры веха 55х10,7 м', а высота его 9 м.

19. Для торгового зала проектируемого сельского магазина II степени огнестойкости. Площадь застройки 2000 м<sup>2</sup>, размеры торгового зала 22х33 м. Площадь, занимаемая оборудованием в нем - 546 м, высота этажа 2,5 м.

20. Для цеха с производством категории В в проектируемом здании III степени огнестойкости. Площадь застройки 3500 м<sup>2</sup>. Число работающих в цехе по сменам: 1 - 100 чел., 2 - 80 чел. Размеры цеха 50х60 м, а высота его 15 м.

**Задача 4.3.3.** Определить по соответствующим [1-7] нормативным документам допустимое расстояние по коридору от дверей наиболее удаленного помещения до эвакуационного выхода, а также проверить соответствие ширины коридора по нормативным документам по вариантам:

1. В административном здании II степени огнестойкости в наиболее удаленном помещении могут находиться 70 человек. По торцам коридора расположены эвакуационные лестничные клетки. Помещения (кабинеты) располагаются по одной стороне коридора, размеры одностворчатых дверей из этих помещений 0,9х2,1 м, они открываются по ходу эвакуации, размеры коридора: ширина 2 м, длина 20 м. В коридор из кабинетов выходят еще 57 человек. Класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>.

2. В производственном здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности СО наиболее удаленными являются помещения с производствами категории А и В. Коридор расположен между двумя лестничными клетками. В коридор одновременно могут выйти 62 человека. Помещения располагаются по обе стороны коридора, двери помещений одностворчатые с размерами створки 1х2 м и открываются по ходу эвакуации. Размеры коридора: ширина 2 м и длина 15 м.

3. В здании гостиницы II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Коридор ведет к одной эвакуационной лестничной клетке. Номера располагаются по одной стороне коридора. Двери номеров одностворчатые с размерами 0,9х2,1 м и они открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 70 человек. Размеры коридора: ширина 1,9 м и длина 20 м.

4. В производственном здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Наиболее удаленными являются производственные помещения категорий Б и В. Из коридора шириной 26 м и длиной 25 м можно попасть только в одну лестничную клетку, имеющую выход наружу. Помещения в коридоре располагаются по обе его стороны, двери помещений одностворчатые с размерами 1,2х2,1 м и открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 60 человек.

5. В здании школы III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Из коридора шириной 2 м и длиной 20 м можно попасть только в одну лестничную клетку, имеющую выход наружу. Классные помещения располагаются по одну сторону коридора, двери этих помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 0,9х2,1 м открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 60 человек.

6. В производственном здании III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Из наиболее удаленных помещений с производствами категорий В и Г имеются выходы в коридор, расположенный между двумя лестничными клетками. Размеры коридора: ширина 2 м и длина 26 м. Производственные помещения располагаются по обе стороны коридора, двери помещений одностворчатые с размерами 1 х2 м открываются по ходу эвакуации. В коридор могут выйти одновременно 80 человек.

7. В лечебном корпусе больницы III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Коридор шириной 2 м и длиной 17 м ведет только в одну

лестничную клетку. Помещения палат в коридоре размещаются по обе его стороны, двери палат двухстворчатые с размерами каждой створки 0,8х2,1м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 80 человек.

8. В производственном здании III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub> из наиболее удаленных помещений с производствами категорий Б и В имеются выходы в коридор, расположенный между двумя выходами наружу. Размеры коридора: ширина 1,8м и длина 27м. Производственные помещения располагаются по одной стороне коридора, двери помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 1х2,1м открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 110 человек.

9. В здании детского дошкольного учреждения II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Коридор шириной 2,1м и длиной 17м расположен между двумя выходами наружу. Групповые ячейки (помещения) располагаются по обе стороны коридора. Одностворчатые двери из этих помещений в коридор имеют размеры 0,9х2,1 м и открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 90 человек.

10. В проектируемом производственном здании II стеном огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>1</sub>. Из наиболее удаленных помещений категорий А и В имеются выходы в коридор, расположенными между двумя лестничными клетками. Размеры коридора: ширина 2 м и длина 35 м. Производственные помещения располагаются по одной стороне коридора. Двери помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 1х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно выходят 110 человек.

11. В проектируемом административном здании II степени огнестойкости помещения, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>, располагаются по обе стороны коридора, который ведет только к одной лестничной клетке. Размеры коридора: ширина 2 м и длина 20 м. Двери помещений одностворчатые с размерами 0,9х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 80 человек.

12. В проектируемом производственном здании III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Из наиболее удаленных помещений с производствами категорий В и Д имеются выходы в коридор, расположенный между двумя выходами наружу. Размеры коридора: ширина 1,6 м и длина 21 м. Производственные помещения располагаются по одной стороне коридора. Двери помещений одностворчатые с размерами 1,0х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 75 человек.

13. В проектируемом здании школы III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Классные помещения располагаются по одну сторону коридора. Коридор шириной 2,5 м и длиной 36 м ведет только к одной лестничной клетке, двери классов двухстворчатые с размером каждой створки 0,9х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 110 человек.

14. В проектируемом производственном здании IV степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>3</sub>. Из наиболее удаленных помещений с производствами категорий В и Г имеются выходы в коридор, расположенный между двумя выходами наружу. Размеры коридора: ширина 2,1 м и длина 25 м. Производственные помещения располагаются по обе стороны коридора. Двери помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 1,1х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно выходят 80 человек.

15. В проектируемом здании гостиницы II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Номера располагаются по обе стороны коридора. Коридор шириной 2,4 м и длиной 40 м расположен между двумя лестничными клетками. Двери номеров одностворчатые с размерами 0,9х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно выходят 150 человек.



16. В проектируемом производственном здании III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Из наиболее удаленных помещений с производствами категорий А и В имеются выходы в коридор, расположенные между двумя выходами наружу. Размеры коридора: ширина 1,5 м и длина 30 м. Производственные помещения располагаются по одну сторону коридора. Двери помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 1,0х2,1м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 92 человека.

17. В проектируемом здании профессионально-технического училища II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Учебные помещения располагаются по одну сторону коридора. Коридор шириной 2,0 м и длиной 40 м расположен между двумя лестничными клетками. Двери помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 0,8х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 120 человек.

18. В проектируемом производственном здании II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Из наиболее удаленных помещений с производствами категорий Б и В имеются выходы в коридор, расположенные между двумя лестничными клетками. Размеры коридора: ширина 2 м и длина 30 м. Производственные помещения располагаются по обе стороны коридора. Двери помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 1,0х2,0 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 80 человек.

19. В проектируемом здании больницы II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С<sub>2</sub>. Палаты располагаются по обе стороны коридора. Коридор шириной 2,5 м и длиной 30 м расположен между двумя лестничными клетками. Двери помещений двухстворчатые с размерами каждой створки 1,0х2,1 м, открываются по ходу эвакуации. В коридор одновременно могут выйти 100 человек.

#### 4.4 Расчет критического времени эвакуации

**Задание 4.4.** :Рассчитать по своему варианту, используя данные приложений 1-4 к данной задаче:

1. Критическое и необходимое время эвакуации для каждого из веществ, находящихся в помещении (расчет вести для горения).
2. Определить будут ли представлять опасность при эвакуации людей из помещения в случае пожара горючие вещества, находящиеся в помещении.

Считать, что коэффициент теплопотерь  $\phi = 0,1$ . Коэффициент полноты горения  $\eta = 0,9$ .

Исходные данные:

**Таблица 4.4.1**

№ Варианта	Размер помещения	$t_0$ , °C	Высота рабочей зоны, h, м	Горючее вещество	Масса, кг	Форма поверхности горения	Площадь горения, F, м <sup>2</sup>	ОФП, (см.Примечание)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20x10x5	20	1,7	бензин	400	а	200	*
				керосин	200	б	200	**
2	15x15x6	18	2	толуол	200	а	200	*
				ацетон	1200	б	200	**
3	10x30x4	22	1,8	древесина	300	в	50	*
				хлопок	500	в	300	**
4	20x20x4	25	2,1	полиэтилен	400	в	100	*
				лен	400	в	200	**

5	40x10x 3	22	1,8	резина	700	в	400	*
				хлопок+капрон	1000	в	200	**
6	25x30x 5	26	2,0	турбинное масло	500	а	500	*
				древесина	1300	в	100	**
7	30x10x 5	20	1,8	лен	1300	в	100	*
				бензин	600	а	300	**
8	20x20x 6	22	2,5	дизельное топливо	600	а	400	*
				турбинное масло	1400	б	400	**
9	40x10x 5	25	2,2	пенопласт	100	в	400	*
				хлопок	500	в	200	**
10	30x8x4	18	1,9	хлопок	500	в	120	*
				лен	500	в	120	**
11	20x10x 4	27	2,3	бензин	1000	а	200	*
				турбинное масло	500	б	200	**
12	20x20x 3	20	1,8	толуол	400	а	400	*
				бензин	500	б	400	**
13	30x6x3	22	1,7	древесина	800	в	100	*
				хлопок + капрон	600	в	80	**
14	30x10x 5	25	2,4	полиэтилен	700	в	100	*
				керосин	900	а	300	**
15	20x10x 6	23	2,0	резина	500	в	100	*
				древесина	500	в	200	**
16	25x10x 4	22	1,8	турбинное масло	600	б	250	*
				ацетон	500	а	250	**
17	30x10x 5	20	2,2	лен	300	в	300	*
				хлопок	400	в	150	**
18	15x15x 4	22	2,0	дизельное топливо	400	а	200	*
				лен	700	в	50	**
19	30x10x 4	18	2,3	пенопласт	800	в	200	*
				хлопок+капрон	600	в	100	**
20	30x20x 5	23	2,0	хлопок	1000	в	400	*
				турбинное масло	1200	а	500	**
21	30x30x 4	20	1,8	бензин	1000	а	900	*
				древесина	1300	в	400	**
22	40x10x 4	22	2,0	толуол	1200	а	400	*
				керосин	1000	б	400	**
23	25x10x 3	18	2,2	древесина	1000	в	100	*
				ацетон	500	а	250	**
24	25x25x 4	23	2,0	полиэтилен	800	в	200	*
				бензин	800	а	600	**
25	30x20x 3	24	2,0	резина	750	в	400	*
				хлопок	1250	в	500	**
26	25x25x 4	25	1,8	турбинное масло	800	а	350	*
				лен	1200	в	200	**
27	40x10x 5	27	2,4	лен	800	в	200	*
				хлопок+ капрон	900	в	200	**
28	20x20x 6	24	2,0	дизельное топливо	1500	б	400	*
				турбинное масло	1000	а	400	**
29	25x10x 4	20	1,8	пенопласт	600	в	200	*
				древесина	1200	в	150	**

30	30x20x 6	22	2,2	хлопок	500	в	200	*
				керосин	1500	а	600	**

**Примечание:**

\* - Расчет необходимо вести по температуре и потере видимости.

\*\* - Расчет вести по пониженному содержанию  $O_2$  и по токсичным продуктам горения.

**Форма поверхности горения**

а	Горение жидкости с установившейся скоростью при неизменной площади горения F (такие процессы горения характерны для горения складов ЛВЖ и ГЖ при конструктивно ограниченной площади разлива)
б	Горение жидкости с неустановившейся скоростью горения
в	Круговое распространение пламени по поверхности равномерно распределенного в горизонтальной плоскости горючего материала

**Методика решения**

Расчет ( $t_{нб}$ ) производится для наиболее опасного варианта развития пожара, характеризующегося наибольшим темпом нарастания ОФП в рассматриваемом помещении. Сначала рассчитывают значения критической продолжительности пожара ( $t_{кр}$ ) по условию достижения каждым из ОФП предельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне).

1. По повышенной температуре ( $t_{кр}^T$ , час.):

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

где B - размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг.

$$B = \frac{353C_p \cdot V}{(1 - \varphi)\eta Q},$$

$C_p$  – удельная изобарная теплоемкость газа кДж кг<sup>-1</sup>.

В случае, когда рассчитывается температура воздуха в помещении, это – теплоемкость воздуха, которая равна 1,01 кДж кг<sup>-1</sup>.

V – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>.

Свободный объем помещения соответствует разности между геометрическим объемом и объемом оборудования или предметов, находящихся внутри. Если рассчитывать свободный объем невозможно, допускается принимать его равным 80% геометрического объема.

$\varphi$  – коэффициент теплопотерь. Учитывает потери тепла на нагрев конструкций и оборудования;

$\eta$  – коэффициент полноты горения;

Q – низшая теплота сгорания материала, кДж кг<sup>-1</sup> (табл. 5);

A – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала, площадь пожара и форму поверхности горения, кг·с<sup>-n</sup>. Вычисляется следующим образом:

а) для случая горения жидкости с установившейся скоростью при неизменной площади горения F (такие процессы горения характерны для горения складов ЛВЖ и ГЖ при конструктивно ограниченной площади разлива):

$$A = \psi_F \cdot F,$$

где  $\Psi_F$  – удельная массовая скорость выгорания горючего вещества,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , (см. табл. 5);

б) при горении жидкости с неустановившейся скоростью горения:

$$A = 0,67 \frac{\psi_F \cdot F}{\sqrt{\tau_{\text{ст}}}};$$

где  $\tau_{\text{ст}}$  – время установления стационарного режима выгорания жидкости, с.

Значение  $\tau_{\text{ст}}$  принимают в зависимости от температуры кипения жидкости:

До  $100^\circ\text{C}$  – 180 с;

От  $101$  до  $150^\circ\text{C}$  – 240 с;

Более  $150^\circ\text{C}$  – 360 с.

в) для кругового распространения пламени по поверхности равномерно распределенного в горизонтальной плоскости горючего материала:

$$A = 1,05 \psi_F \cdot g^2,$$

где  $g$  – линейная скорость распространения пламени по поверхности горючего материала,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

г) 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):

$$A = \psi_F \cdot g \cdot b,$$

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

д) для поверхности горения, имеющей форму цилиндра (горение пакета декораций или тканей, размещенных с зазором):

$$A = 2,09 \Psi_F \cdot g_{\text{г}} \cdot g_{\text{в}},$$

где  $g_{\text{г}}$  – среднее значение горизонтальной скорости распространения пламени,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$g_{\text{в}}$  – среднее значение вертикальной скорости распространения пламени,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

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

а) для случая горения жидкости с установившейся скоростью при неизменной площади горения  $F$  (такие процессы горения характерны для горения складов ЛВЖ и ГЖ при конструктивно ограниченной площади разлива)  $n = 1$ ;

б) при горении жидкости с неустановившейся скоростью горения  $n = 1,5$ ;

в) для кругового распространения пламени по поверхности равномерно распределенного в горизонтальной плоскости горючего материала  $n = 3$ ;

г) 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)  $n = 2$ ;

д) для поверхности горения, имеющей форму цилиндра (горение пакета декораций или тканей, размещенных с зазором)  $n = 3$ .

$t_0$  – начальная температура воздуха в помещении,  $^\circ\text{C}$ ;

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

Параметр  $z$  вычисляют по формуле (при  $H \leq 6$  м):

$$z = \frac{h}{H} \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right),$$

где  $h$  – высота рабочей зоны, м;

$H$  – высота помещения, м.

Высоту рабочей зоны рассчитывают по формуле:

$$h = h_{пл} + 1,7 - 0,5\sigma,$$

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

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

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

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.

## 2. По потере видимости ( $t_{кр}^B$ , час.)

$$t_{кр}^B = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05a \cdot E)}{\ell_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n},$$

где параметры  $A, B, z, n$  – смотри выше.

$a$  – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации. При отсутствии специальных требований значение  $a$  принимается равным 0,3.

$E$  – начальная освещенность, лк. При отсутствии данных принимается равным 50 лк.

$\ell_{пр}$  – предельная дальность видимости в дыму, м. Составляет 20 м.

$D_m$  – дымообразующая способность горящего материала,  $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ ; (см. табл. 6).

## 3. По пониженному содержанию кислорода ( $t_{кр}^K$ , час.):

$$t_{кр}^K = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_K}{V} + 0,27 \right) z} \right]^{-1} \right\}^{1/n},$$

где параметры  $A, B, V, n$  – смотри выше.

$L_K$  – удельный расход кислорода,  $\text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$ , т.е. расход кислорода на сгорание 1 кг горючего вещества, (см. табл. 3).

## 4. По каждому из газообразных токсичных продуктов горения ( $t_{кр}^Г$ , час.)

$$t_{кр}^{\Gamma} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L_{\Gamma} \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n},$$

где параметры А, В, V, n, z – смотри выше.

$L_{\Gamma}$  – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала,  $\text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$ , (см. табл. 3).

X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении,  $\text{кг м}^{-3}$ .

Для  $\text{CO}_2$  –  $X = 0,11 \text{ кг м}^{-3}$ ;

для CO –  $X = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг м}^{-3}$ ;

для HCL –  $X = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг м}^{-3}$ .

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

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

$$t_{кр} = \min \{ t_{кр}^T, t_{кр}^B, t_{кр}^K, t_{кр}^{\Gamma} \}.$$

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

$$t_{нб} = 0,8 t_{кр} \cdot 60.$$

Далее находят количество материала (m), выгоревшего к моменту  $t_{кр}$ :

$$m = A \cdot t_{кр},$$

где  $t_{кр}$  – критическая продолжительность пожара, часы.

Полученную массу сравнивают с массой горючего материала (M) на защищаемом объекте. Если  $m > M$  (расчетная масса горючего вещества, при сгорании которой ОФП достигают предельного значения, превышает фактическую массу горючего вещества, имеющегося на объекте), то можно сделать вывод, что данное горючее вещество не представляет опасности. То есть при сгорании всей массы этого горючего вещества уровень опасного фактора пожара, по которому производился расчет, не достигнет предельного (опасного для человека) значения.

## Приложение 1.

### Удельный выход (потребление) газов при горении веществ и материалов

Вещество или материал	Удельный выход (потребление) газов, L, $\text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$			
	$L_{\text{CO}}$	$L_{\text{CO}_2}$	$L_{\text{O}_2}$	$L_{\text{HCL}}$
Хлопок	0,0052	0,57	2,3	-
Лен	0,0039	0,36	1,83	-
Хлопок + капрон (3:1)	0,012	1,045	3,55	-
Турбинное масло	0,122	0,7	0,282	-
Кабель АВВГ	0,11	-	-	0,023
Кабель АПВГ	0,150	-	-	0,016
Древесина	0,024	1,51	1,15	-
Керосин	0,148	2,92	3,34	-
Древесина, огнезащищенная препаратом СДФ - 552	0,12	1,96	1,42	-
Бензин	0,13	0,65	0,25	-

Ацетон	0,2	0,67	0,26	-
--------	-----	------	------	---

## Приложение 2.

### Линейная скорость распространения пламени по поверхности материала

Материал	$9 \cdot 10^2$ , м с <sup>-1</sup>
Хлопок разрыхленный	4,2
Лен разрыхленный	5,0
Хлопок + капрон (3 : 1)	2,8
Древесина	4
Подвешенные ворсистые ткани	6,7-10
Текстильные изделия в закрытом складе при загрузке 100 кг·м <sup>-2</sup>	0,6
Бумага (книги, журналы)	0,5
Синтетический каучук	0,7
Деревянные покрытия цехов большой площади, деревянные стены, отделанные древесно-волоконными плитами	2,8-5,3
Соломенные изделия	6,7
Ткани:	
по горизонтали	1,3
в вертикальном направлении	30
в направлении, перпендикулярном к поверхности тканей, при расстоянии между ними 0,2 м	4,0
Резина	1,7-2
Синтетическое напольное покрытие	0,07
Торфоплиты в штабелях	1,7
Кабель ААШв, АПВГ, АВВГ	
сверху вниз в горизонтальном тоннеле при расстоянии между полками 0,2 м	0,3
В горизонтальном направлении	0,33
В горизонтальном направлении в вертикальном тоннеле при расстоянии между рядами 0,2-0,4 м	0,083
Бензин	0,45
Ацетон	0,44
Дизельное топливо	0,4
Керосин	0,43
Толуол	0,388
Турбинное масло	0,5
Полиэтилен	0,32
Пенопласт ПВХ-9	0,37

## Приложение 3.

### Средняя скорость выгорания и низшая теплота сгорания веществ и материалов

Вещества и материалы	$\Psi_F$ , удельная массовая скорость выгорания, $\times 10^{-3}$ , кг м <sup>-2</sup> с <sup>-1</sup>	Низшая теплота сгорания, Q, кДж·кг <sup>-1</sup>
Бензин	61,7	41870
Ацетон	59,6	28890
Диэтиловый эфир	108,3	33500
Бензол	73,3	38520

Дизельное топливо	42,0	48870
Керосин	48,3	43540
Мазут	34,7	39770
Нефть	28,3	41870
Этиловый спирт	33	27200
Турбинное масло	30	41870
Изопропиловый спирт	31,3	30145
Изопентан	10,3	45220
Толуол	85	41030
Натрий металлический	17,5	10900
Древесина (бруски)	39,3	13800
Древесина (мебель в жилых и административных зданиях)	14	13800
Бумага разрыхленная	8	13400
Бумага (книги, журналы)	4,2	13400
Книги на деревянных стеллажах	16,7	13400
Киноплёнка триацетатная	9	18800
Каучук синтетический	13	43890
Каучук натуральный	19	44725
Органическое стекло	16,1	27670
Полистирол	4	39000
Резина	11,2	33520
Текстолит	6,7	20900
Пенопласт ПВХ-9	2,8	24300
Волокно штапельное	6,7	13800
Полиэтилен	10,3	47140
Полипропилен	14,5	45670
Хлопок в тюках 190 кг*м <sup>-3</sup>	2,4	16750
Хлопок разрыхленный	21,3	15700
Лен разрыхленный	21,3	15700
Хлопок + капрон (3:10)	12,5	16200

**Приложение 4.**  
**Дымообразующая способность веществ и материалов**

Вещество или материал	Дымообразующая способность, D <sub>m</sub> , м <sup>2</sup> ·кг <sup>-1</sup>	
	Тление	Горение
Бутиловый спирт	-	80
Бензин А-76	-	256
Этилацетат	-	330
Циклогексан	-	470
Толуол	-	562
Дизельное топливо	-	620
Древесина.	345	123
ДСП – древесно-стружечная плита	760	90
Сосна	759	145
Береза	756	160
ДВП – древесно-волокнистая плита	879	130
Линолеум ПВХ	200	270



Стеклопластик	640	340
Полиэтилен	1290	890
Табак «Юбилейный»	240	120
Пенопласт ПВХ-9	2090	1290
Резина	1680	850
Полиэтилен высокого давления ПЭВФ	1930	790
Пленка ПВХ марки ПДО - 15	640	400
Пленка марки ПДСО – 12	820	470
Турбинное масло	-	243
Лен разрыхленный	-	33,7
Ткань вискозная	63	63
Атлас декоративный	32	32
Репс	50	50
Ткань мебельная полушерстяная	103	116
Полотно палаточное	57	58
Фанера	700	140
Хлопок	-	35

#### 4.5 Расчет времени эвакуации людей из зрительного зала

**Задание 4.5.1.** Определить расчетное (фактическое) время эвакуации людей из зрительного зала, принципиальная планировка которого приведена на рис. 1.

Ширина прохода между рядами 0,5 м, расстояние между спинками кресел 1 м, ширина кресла 0,5 м, зрители в зале находятся без зимней одежды, вид пути принять горизонтальным. Остальные исходные данные для расчета приведены в табл. 4.5.1.

Определите условия, при которых движение эвакуирующихся людей будет происходить без задержек.

Продумайте оптимальное расположение дополнительного дверного проема и рассчитайте насколько снизится время эвакуации при его введении в план зрительного зала.

Таблица 4.5.1

Вариант	Ширина прохода, м				Количество рядов		Количество мест в ряду		Ширина двери $\delta_{дв}$ , м
	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$m_1$	$m_2$	$n_1$	$n_2$	
1	1,1	1,0	1,3	1,5	6	5	14	10	1,3
2	1,2	1,2	1,4	1,7	7	6	17	12	1,5
3	1,3	1,25	1,5	2,0	8	7	15	11	1,8
4	1,2	1,3	1,6	2,3	9	8	16	12	2,1
5	1,4	1,35	1,7	1,85	7	5	17	12	1,6
6	1,5	1,05	1,2	1,8	6	4	15	11	1,4
7	1,0	1,15	1,4	1,9	9	7	13	9	1,6
8	1,5	1,4	1,7	2,4	8	6	19	14	2,0
9	1,2	1,25	1,7	2,75	6	5	18	14	2,5
10	1,3	1,1	1,5	2,1	9	7	13	10	2,0
11	1,1	1,1	1,5	2,1	7	6	13	10	1,8
12	1,2	1,25	1,6	2,75	8	7	18	14	2,0
13	1,3	1,4	1,7	2,4	9	8	19	14	1,9
14	1,2	1,15	1,4	1,9	10	9	13	9	1,6

15	1,4	1,05	1,2	1,8	8	6	15	11	1,4
16	1,5	1,35	1,7	1,85	7	5	17	12	1,5
17	1,0	1,3	1,6	2,3	10	8	16	12	1,6
18	1,5	1,25	1,5	2,0	9	7	15	11	1,6
19	1,2	1,2	1,4	1,7	7	6	17	12	1,3
20	1,3	1,0	1,3	1,5	10	8	14	10	1,2

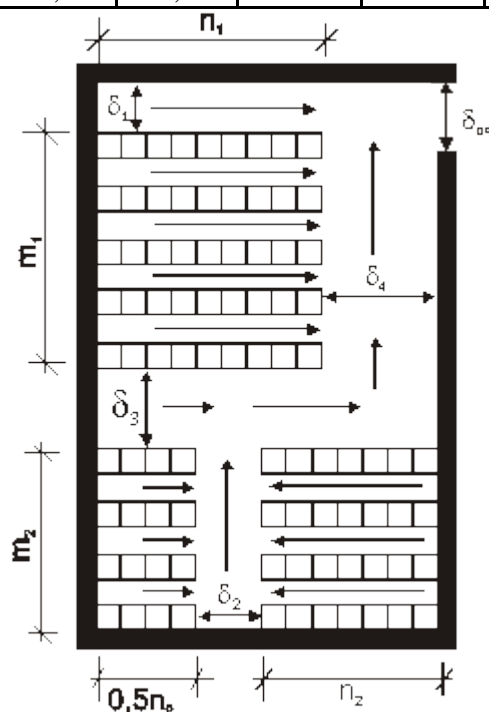


рис. 1

**Задание 4.5.2.** Определить расчетное (фактическое) время эвакуации людей из зрительного зала, принципиальная планировка которого приведена на рис. 2.

Ширина прохода между рядами кресел 0,45 м, ширина кресла 0,5 м, расстояние между спинками кресел 0,9 м, зрители находятся в зимней одежде, вид пути принять горизонтальным. Остальные исходные данные приведены в табл. 4.5.2.

Определите условия, при которых движение эвакуирующихся людей будет происходить без задержек. Продумайте оптимальное расположение дополнительного дверного проема и рассчитайте насколько снизится время эвакуации при его введении в план зрительного зала.

Таблица 4.5.2

Вариант	Ширина прохода, м				Количество рядов		Количество мест в ряду		Ширина двери $\delta_{дв}$ , м
	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$m_1$	$m_2$	$n_1$	$n_2$	
1	1,1	1,1	1,5	2,1	7	6	13	10	1,8
2	1,2	1,25	1,6	2,75	8	7	18	14	2,0
3	1,3	1,4	1,7	2,4	9	8	19	14	1,9
4	1,2	1,15	1,4	1,9	10	9	13	9	1,6
5	1,4	1,05	1,2	1,8	8	6	15	11	1,4
6	1,5	1,35	1,7	1,85	7	5	17	12	1,5
7	1,0	1,3	1,6	2,3	10	8	16	12	1,6
8	1,5	1,25	1,5	2,0	9	7	15	11	1,6
9	1,2	1,2	1,4	1,7	7	6	17	12	1,3

10	1,3	1,0	1,3	1,5	10	8	14	10	1,2
11	1,0	1,2	2,0	2,4	5	10	10	15	2,4
12	1,1	1,35	2,0	3,2	6	12	14	20	3,0
13	1,3	1,3	2,6	2,6	7	14	12	18	2,4
14	1,2	1,6	3,2	3,7	5	10	18	26	3,0
15	1,2	1,4	2,8	2,8	8	14	14	21	2,6
16	1,1	1,25	2,5	3,0	7	14	10	14	2,6
17	1,3	1,5	3,0	3,0	4	8	16	24	2,8
18	1,5	1,35	2,9	3,2	8	15	12	17	2,7
19	1,4	1,65	3,6	3,3	7	12	18	27	3,2
20	1,4	1,45	2,8	3,4	6	10	16	23	3,0

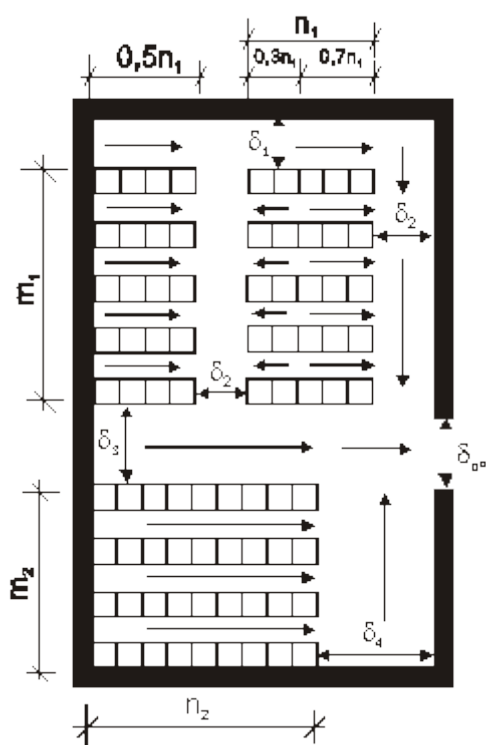


рис. 2

## Методика решения

Методика изложена в [6]

Перед тем как выполнять расчет, необходимо весь путь эвакуации людей разделить на отдельные расчетные участки пути.

За начальный участок принимается проход между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п., наиболее удаленный от эвакуационного выхода.

При определении границ последующих участков на пути движения исходят из того, что в пределах расчетного участка пути не должна изменяться ширина пути и не должно быть слияния потоков.

Только при таких условиях можно принимать интенсивность и скорость движения постоянными по всей длине участка.

Участками пути являются: проходы, коридоры, дверные проемы, лестничные марши, тамбуры.

Размеры каждого участка пути (ширина и длина) определяются по проекту или в натуре.

Ширина дверного проема определяется за вычетом дверной коробки и выступающих частей двери, если они имеются.

Длина пути в проеме принимается равной нулю, если толщина стены, в которой размещен проем, менее 0,7 м.

Ширина коридора при открывании дверей в сторону коридора принимается с учетом того, что двери фактически уменьшают ширину эвакуационного пути. При одностороннем расположении дверей ширина коридора уменьшается на половину ширины двери, а при двустороннем – на ширину двери.

Длина пути по лестнице определяется, как суммарная длина ее маршей и площадок и может быть принята равной утроенной разности отметок между входом на лестницу и выходом из нее.

#### *Параметры движения людских потоков*

Плотность людского потока составляет количество человек  $N$ , размещающихся на единице площади эвакуационного пути  $F$ :

$$D = \frac{N}{F}, \text{ чел/м}^2 \quad (4.5.1)$$

При расчетах используется безразмерная характеристика плотности людского потока, которую вычисляют по формуле:

$$D = \frac{Nf}{l\delta}, \quad (4.5.2)$$

где  $\delta$  и  $l$  – соответственно ширина и длина участка эвакуационного пути, м;

$N$  – число людей на участке эвакуационного пути, чел;

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека принимается равной, м<sup>2</sup>:

взрослого в домашней одежде 0,1

взрослого в зимней одежде 0,125

подростка 0,07

Скорость движения людей в потоке зависит от вида пути и плотности людского потока и принимается по табл. П2.1 Методики (приказ МЧС России от 30.07.2009г., №382) или по табл.2 ГОСТ 12.1.004-91\* «Пожарная безопасность. Общие требования».

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

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

При достижении  $q_{max}$  параметры движения  $v$  и  $q$   $D \geq 0,9$  принимаются при условиях предельной плотности людского потока, т.е. при  $D \geq 0,9$ . Значения  $q_{max}$  равны:

для горизонтальных путей	16,5 м/мин;
для дверных проемов	19,6 м/мин;
для лестниц при движении вниз	16,0 м/мин;
для лестниц при движении вверх	11,0 м/мин.

Пропускная способность участка пути определяется как произведение интенсивности движения на ширину участка:

$$Q = q\delta, \text{ м}^2/\text{мин} \quad (4.5.3)$$

1. Используя понятие пропускной способности участка пути, можно получить формулы для расчета интенсивности движения и времени задержки при слиянии людских потоков.

Если происходит слияние нескольких людских потоков, то при беспрепятственном движении должно соблюдаться условие:

$$Q_i = \sum Q_{i-1}, \quad (4.5.4)$$

или 
$$q_i \delta_i = q_1 \delta_1 + q_2 \delta_2 + q_3 \delta_3,$$

откуда 
$$q_i = \frac{q_1 \delta_1 + q_2 \delta_2 + q_3 \delta_3}{\delta_i}. \quad (4.5.5)$$

Задержка движения людей в начале  $i$ -го участка наблюдается при:

$$Q_i = \sum Q_{i-1}.$$

2. Время задержки определяется как разность времени эвакуации с учетом пропускной способности участков пути:

$$\Delta\tau = \tau_i - \tau_{i-1}.$$

Время эвакуации людей по  $i$ -му участку при количестве людей  $N_i$  и предельной пропускной способности участка пути  $Q_{np}$  определяется по формуле:

$$\tau_i = \frac{N_i f}{Q_{np}} = \frac{N_i f}{q_{np} \delta_i},$$

где  $q_{np}$  — интенсивность движения людей при предельной плотности ( $D \geq 0,9$ ), м/мин.

Аналогично 
$$\tau_{i-1} = \frac{N_i f}{\sum Q_{i-1}} = \frac{N_i f}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})},$$

Следовательно

$$\Delta\tau = N_i f \left( \frac{1}{q_{np} \delta_i} - \frac{1}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})} \right) \quad (4.5.6)$$

В тех случаях, когда плотность потоков превышает 0,5 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, скорость движения людей определяют по предельной плотности  $D=0,9$  и более.

Расчетное время эвакуации определяется как сумма времени движения людского потока по отдельным участкам пути ( $\tau_i$ ) по формуле:

$$\tau_p = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_i, \quad (4.5.7)$$

где  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i$  — время движения людей на первом (начальном) участке и каждом из следующих участков пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути ( $\tau_1$ ), мин., вычисляют по формуле:

$$\tau_1 = \frac{l_1}{v_1}, \quad (4.5.8)$$

где  $l_1$  – длина первого участка пути, м;

$v_1$  – значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, определяется по табл. П2 (приказ МЧС России от 30.07.2009г., №382) в зависимости от плотности  $D$ , м/мин.

Плотность людского потока ( $D_1$ ) на первом участке пути, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, вычисляют по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1}, \quad (4.5.9)$$

где  $N_1$  – число людей на первом участке, чел.;

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м<sup>2</sup>;

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

На последующих участках скорость определяется по табл. П2 приказа в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (4.5.10)$$

где  $\delta_i, \delta_{i-1}$  – ширина рассматриваемого  $i$ -го и предшествующего ему участка пути, м;

$q_i, q_{i-1}$  – значения интенсивности движения людского потока по рассматриваемому  $i$ -му и предшествующему участкам пути, м/мин.

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (4.5.10), меньше или равно значению  $q_{max}$ , то время движения по участку пути ( $\tau_i$ ) в минуту:

$$\tau_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (4.5.11)$$

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (4.5.11), больше  $q_{max}$  то ширину  $\delta_i$  данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \leq q_{max}. \quad (4.5.12)$$

При невозможности выполнения условия (4.5.12) по экономическим или техническим соображениям интенсивность и скорость движения людского потока по участку пути  $i$  определяют по табл. П2 приказа при значении  $D=0,9$  и более. При этом должно учитываться время задержки движения людей из-за образовавшегося скопления перед границей  $i$ -го участка.

При слиянии в начале участка  $i$  двух и более людских потоков интенсивность движения  $q_i$  вычисляют по формуле:

$$q_i = \frac{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})}{\delta_i}, \quad (4.5.13)$$

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

$\delta_{i-1}$  – ширина участков пути слияния, м;

$\delta_i$  – ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение  $q_i$ , определенное по формуле (4.5.13), больше  $q_{max}$ , то ширину  $\delta_i$  данного участка пути необходимо увеличить до такой величины, чтобы соблюдалось

условие (4.5.12). В этом случае время движения по участку  $i$  определяется по формуле (4.5.11).

Если увеличение ширины участка невозможно, расчетное время эвакуации определяется с учетом задержки движения, возникающей перед границей  $i$ -го участка:

$$\tau_1 = \frac{l_1}{v_{np}} + \Delta\tau_i, \quad (4.5.14)$$

где  $v_{np}$  – скорость движения при предельной плотности ( $D \geq 0,9$ ), м/мин;

$\Delta\tau_i$  – время задержки движения на  $i$ -ом участке, мин.

Как было показано выше (7),

$$\Delta\tau = N_i f \left( \frac{1}{q_{np} \delta_i} - \frac{1}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})} \right).$$

Где  $q_{np}^{\partial\phi} = 2,5 + 3,75\delta_{\partial\phi}$ , если  $q_{\partial\phi} < 1,6$  и  $q_{np}^{\partial\phi} = 8,5$ , если  $q_{\partial\phi} \geq 1,6$

Схема к определению расчетного времени эвакуации приведена на рис. 4.5.1.

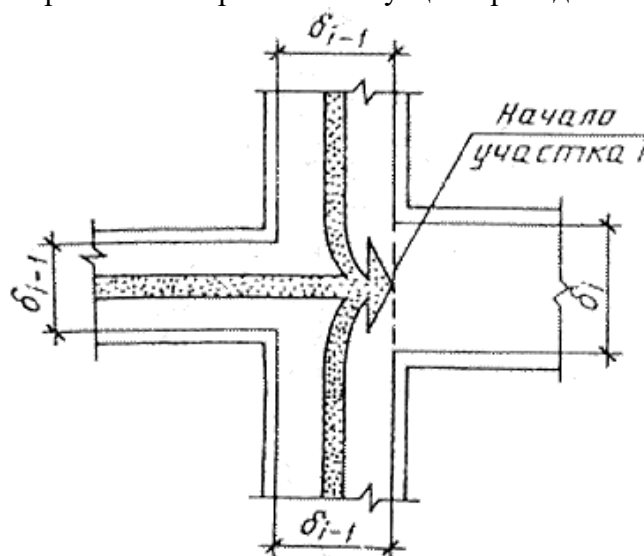


Рис.4.5.1. Слияние людских потоков

#### 4.6. Определение противопожарных разрывов по нормативным документам

**Задача 4.6.1.** Определить в соответствии с требованиями [1-6] по вариантам:

1. Между складом пиленых лесоматериалов емкостью 900 м<sup>3</sup> и зданием IV степени огнестойкости с производством категории В, оборудованным АУПТ.
2. Между складом ЛВЖ в таре емкостью 1000 м<sup>3</sup>, расположенным в здании II степени огнестойкости, и зданием I степени огнестойкости с производством категории А. Оба здания оборудованы АУПТ.
3. Между поршневым газгольдером емкостью 1500 м<sup>3</sup> и подземным складом ЛВЖ емкостью 600 м<sup>3</sup>.
4. Между подземным складом ЛВЖ емкостью 1500 м<sup>3</sup> и зданием II степени огнестойкости с производством категории Б. Здание оборудовано АУПТ.
5. Между складом щепы емкостью 900 м<sup>3</sup> и складом совместного хранения ЛВЖ емкостью 700 м<sup>3</sup> и ГЖ емкостью 2000 м<sup>3</sup>.
6. Между складом ЛВЖ, емкостью 90 м<sup>3</sup> и зданием II степени огнестойкости с производством категории Б. При этом стена здания, обращенная в сторону склада, является противопожарной.

7. Между складом лесоматериалов емкостью  $900 \text{ м}^3$  и зданием I степени огнестойкости с производством категории А. Здание оборудовано АУПТ.
8. Между складом совместного хранения ЛВЖ емкостью  $1000 \text{ м}^3$  и ГЖ емкостью  $5000 \text{ м}^3$  и складом круглых лесоматериалов емкостью  $900 \text{ м}^3$
9. Между зданием V степени огнестойкости и складом самовозгорающихся углей (высота штабелей 3 м) емкостью 900 т.
10. Между складом I Ж в таре емкостью  $3100 \text{ м}^3$  расположенным в здании I степени огнестойкости и зданием II степени огнестойкости с производством категории Б. Здания оборудованы АУПТ.
11. Между подземным складом ГЖ емкостью  $4000 \text{ м}^3$  и поршневым газгольдером емкостью  $900 \text{ м}^3$ .
12. Между складом каменного угля емкостью 900 т и зданием III степени огнестойкости с производством категории Б. При этом стена здания, обращенная в сторону склада противопожарная.
13. Между складом Фрезерного торфа емкостью 3000 т и складом совместного хранения ЛВЖ емкостью  $800 \text{ м}^3$  и ГЖ емкостью  $750 \text{ м}^3$ .
14. Между складом пиленных лесоматериалов емкостью  $5000 \text{ м}^3$  и зданием IV степени огнестойкости категории В. Здание оборудовано АУПТ.
15. Между зданием III степени огнестойкости с производством категории Б и складом кускового торфа емкостью 900 т.
16. Между двумя двухэтажными зданиями, расположенными параллельно друг другу длинными сторонами. Одно здание III степени огнестойкости размерами в плане  $30 \times 30 \text{ м}$  с производством категории В, а другое - IV степени огнестойкости размерами в плане  $30 \times 25 \text{ м}$  с производством категории Г. Фактическое расстояние между зданиями 10 м.
17. Между складом кускового торфа емкостью 800 т и зданием I степени огнестойкости с производством категории А. Стена здания, обращенная в сторону склада, является противопожарной. Здание оборудовано АУПТ.
18. Между поршневым газгольдером емкостью  $200 \text{ м}^3$  и складом совместного хранения ЛВЖ емкостью  $400 \text{ м}^3$  и ГЖ емкостью  $800 \text{ м}^3$ .
19. Между подземным складом ЛВЖ емкостью  $1800 \text{ м}^3$  и складом пиленных лесоматериалов емкостью  $8000 \text{ м}^3$ .
20. Между зданием IV степени огнестойкости и складом самовозгорающихся углей емкостью 6000 т (высота штабеля 3 м). Здание оборудовано АУПТ.
21. Между складом круглых лесоматериалов емкостью  $5000 \text{ м}^3$  и зданием III степени огнестойкости с производством категории Б. Здание оборудовано АУПТ.
22. Между подземным складом ГЖ емкостью  $8000 \text{ м}^3$  и зданием I степени огнестойкости с производством категории Б. Здание оборудовано АУПТ.
23. Между складом кускового торфа емкостью 9000 т и складом совместного хранения ЛВЖ емкостью  $1000 \text{ м}^3$  и ГЖ емкостью  $1000 \text{ м}^3$ .
24. Между складом ГЖ в таре емкостью  $2800 \text{ м}^3$ , расположенным в здании II степени огнестойкости, и зданием II степени огнестойкости с производством категории Б.
25. Между двумя трехэтажными зданиями, расположенными параллельно друг другу длинными сторонами. Одно здание III степени огнестойкости размерами  $40 \times 35 \text{ м}$  с производством категории В. Другое здание III степени огнестойкости размерами  $40 \times 15 \text{ м}$  с производством категории Г. Фактическое расстояние между зданиями 15 м.

**Задача 4.6.2.** Определить по нормам проектирования [1-6] по вариантам:

1. Минимальные размеры площадки обвалования группы резервуаров для хранения нефти ( $t_{\text{всп}} < 45 \text{ }^\circ\text{C}$ ), состоящей из шести резервуара с понтоном емкостью по 20 тыс.  $\text{м}^3$  каждый (диаметр резервуаров 40 м). Схема расположения резервуаров приведена на рис. 4.6.1



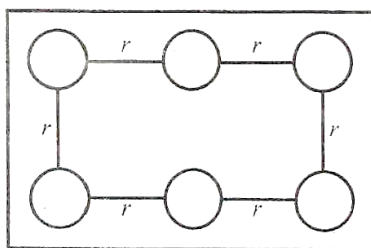


Рис. 4.6.1. Схема расположения резервуаров в группе:  
( $r$ - противопожарный разрыв)

2. Минимальные размеры площадки обвалования группы резервуаров для хранения нефти ( $t_{всп} > 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), состоящей из пяти резервуаров со стационарной крышей, емкостью 24 тыс.  $\text{м}^3$  каждый, диаметр каждого резервуара 41 м. Расположение резервуаров приведено на рис. 4.6.2

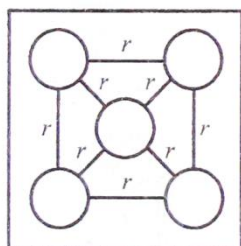


Рис. 4.6.2 Схема расположения резервуаров в группе  
( $r$  - противопожарный разрыв)

3. Радиус обслуживания пожарным депо предприятия при наличии зданий III степени огнестойкости с площадью застройки, составляющей 70 % всей площади застройки предприятия, и производствами категорий А и Б, занимающими 60 % площади застройки.

4. Противопожарный разрыв между складом нефти, состоящим из трех наземных резервуаров емкостью по 4800  $\text{м}^3$  каждый, и продуктовой насосной станцией, размещенной в здании II степени огнестойкости оборудованной установкой пожаротушения.

5. Противопожарный разрыв между двумя резервуарами с нефтью ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) емкостью каждый 10 тыс. $\text{м}^3$  (высота резервуаров 14 м). располагаемых в одной группе. Один резервуар с плавающей крышей, другой с понтоном.

6. Высоту обвалования прямоугольной площадки, на которой размещено два резервуара для хранения нефти ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с понтоном емкостью 15 тыс.  $\text{м}^3$  каждый (диаметр резервуаров 56 м). Размеры площадки обвалования минимальные.

7. Противопожарный разрыв между двумя резервуарами с нефтью ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) емкостью 10 тыс. $\text{м}^3$  каждый (высота резервуаров 14 м). располагаемых в одной группе. Один резервуар с плавающей крышей, другой - со стационарной крышей.

8. Минимальные размеры площадки обвалования группы резервуаров для хранения нефти ( $t_{кр} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), состоящей из четырех резервуаров со стационарной крышей емкостью 20 тыс.  $\text{м}^3$  каждый, диаметр резервуаров 41 м. Схема расположения резервуаров приведена на рис. 4.6.3.

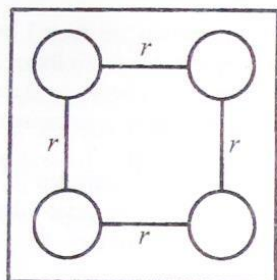


Рис. 4.6.3 Схема расположения резервуаров в группе:  
( $r$  - противопожарный разрыв)

9. Противопожарный разрыв между подземным складом нефти емкостью 30 тыс.м<sup>3</sup> и зданием пожарного депо II степени огнестойкости.
10. Противопожарный разрыв между подземным резервуаром газонаполнительного пункта емкостью 50 тыс. м<sup>3</sup> и жилым пятиэтажным зданием II степени огнестойкости.
11. Высоту обвалования прямоугольной площадки, на которой размещено два резервуара для хранения нефти ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с плавающей крышей емкостью 10 тыс.м<sup>3</sup> каждый (диаметр резервуаров 30 м). Размеры площадки обвалования минимальные.
12. Противопожарный разрыв между двумя двухэтажными жилыми зданиями, расположенными параллельно друг другу длинными сторонами. Одно здание III степени огнестойкости, размерами в плане 25x20 м, другое IV степени огнестойкости размерами в плане 25x12 м. Фактическое расстояние между зданиями 9 м.
13. Противопожарный разрыв между резервуарами с нефтью ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), расположенными в одной группе. Одни резервуар емкостью 20 тыс. м<sup>3</sup> (высота резервуара 16 м) с понтоном. Другой - емкостью 25 тыс. м<sup>3</sup> (высота резервуара 17 м) со стационарной крышей.
14. Минимальные размеры площадки обвалования группы резервуаров для хранения нефти ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), состоящей из трех резервуаров с плавающей крышей емкостью 25 тыс. м<sup>3</sup> каждый (диаметр резервуаров 45 м). Схема расположения резервуаров приведена на рис. 4.6.4

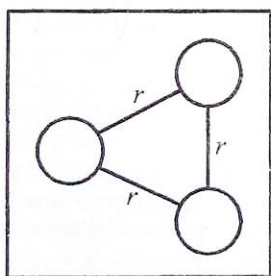
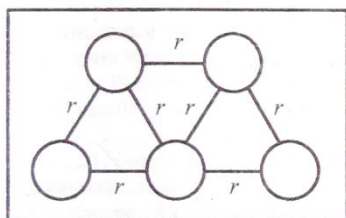


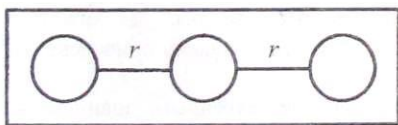
Рис. 4.6.4. Схема расположения резервуаров в группе: ( $r$  - противопожарный разрыв).

15. Противопожарный разрыв между промежуточным складом 50- литровых баллонов с газом (300 шт.) и административным зданием.
16. Высоту обвалования прямоугольной площадки, на которой размещено два резервуара для хранения нефти ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) со стационарной крышей емкостью 25 тыс.м<sup>3</sup> каждый (диаметр резервуаров 45 м). Размеры площадки обвалования минимальные.
17. Высоту обвалования прямоугольной площадки, на которой размещено два резервуара для хранения нефти ( $t_{к.} > 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), с понтоном емкостью 30 тыс. м каждый, диаметр резервуаров 45 м. Размеры площадки обвалования минимальные.
18. Противопожарный разрыв между подземным складом нефти емкостью 50 тыс. м<sup>3</sup> и зданием продуктовой насосной станции II степени огнестойкости.
19. Противопожарный разрыв между двумя одноэтажными жилыми зданиями, расположенными параллельно друг другу длинными сторонами. Одно здание IV степени огнестойкости размерами в плане 30x15 м. другое III степени огнестойкости размерами в плане 30x25 м. Фактическое расстояние между зданиями 8 м.
20. Противопожарный разрыв между складом открытого хранения соломы и зданием III степени огнестойкости с производством категории Б.
21. Минимальные размеры площадки обвалования группы резервуаров для хранения нефти ( $t_{всп} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), состоящей из пяти резервуаров с понтоном емкостью 20 тыс.м<sup>3</sup> каждый (диаметр резервуаров 40 м). Схема расположения резервуаров приведена на рис. 4.6.5



*Рис. 4.6.5 Схема расположения резервуаров в группе  
(r - противопожарный разрыв)*

22. Радиус обслуживания пожарным депо предприятия при наличии зданий III степени огнестойкости с площадью застройки, составляющей 60% всей площади застройки предприятия, и с производствами категории А и Б, занимающими 40% площади застройки
23. Противопожарный разрыв между резервуаром с мазутом (емкостью 100 м) котельной, обслуживающей клуб, и зданием клуба III степени огнестойкости.
24. Противопожарный разрыв между двумя резервуарами с нефтью ( $t_{всп} > 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), располагаемыми в одной группе. Один резервуар емкостью 20 тыс. м (высота резервуара 14 м) с плавающей крышей и другой емкостью 20 тыс. м<sup>3</sup> (высота резервуара 16 м) с понтоном.
25. Противопожарный разрыв между складом нефти, состоящим из четырех наземных резервуаров емкостью 4500 м<sup>3</sup> каждый, и складским зданием III степени огнестойкости для нефтепродуктов в таре емкостью 2000 м<sup>3</sup>. Здание Оборудовано установкой автоматического пожаротушения.
26. Минимальные размеры площадки обвалования группы резервуаров для хранения нефти ( $t_{всп} > 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), состоящей из трех резервуаров с плавающей крышей емкостью 25 тыс. м<sup>3</sup> каждый, диаметр резервуаров 45 м. Расположение резервуаров приведено на рис. 4.6.6



*Рис. 4.6.6 Схема расположения  
резервуаров в группе  
(r - противопожарный разрыв)*

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22.08.2008г. №123 - ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. ЭВАКУАЦИОННЫЕ ПУТИ И ВЫХОДЫ».
3. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ».
4. СП 4.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. ОГРАНИЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТАХ ЗАЩИТЫ. Требования к объемно - планировочным и конструктивным решениям».
5. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
6. СП 155.13130.2014 "Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности"
7. Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" (с изменениями, внесенными приказом МЧС России от 12.12.2011 № 749, приказом МЧС России от 2 декабря 2015 года № 632)
8. Пузач С.В. и др. Определение времени эвакуации людей и огнестойкости строительных конструкций с учётом параметров реального пожара. - М.: АГПС МЧС России, 2006.

9. Томин С.В., Токарев В.Н. Задачник по курсу "Пожарная профилактика в строительстве". - М.: ВИПТШ МВД РФ, 1994.
10. Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987.
11. Грушевский Б.В., Котов Н.Л., Сидорук В.И. и др. Пожарная профилактика в строительстве - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985.
12. Ройтман М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве. - М.: Стройиздат, 1975.
12. ГОСТ 12.1.004-91 . Пожарная безопасность. Общие требования. -М.: Издательство стандартов, 1992.
13. "СП 118.13330.2012\*. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009"