

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «**Пожарная безопасность в строительстве**»
для студентов
направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
направленность (профиль) «Пожарная безопасность»
заочной формы обучения

Методические указания составлены в соответствии с образовательной программой по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», и рабочей программой дисциплины «Пожарная безопасность в строительстве». В них представлены темы практических занятий, задания к ним, методика и порядок их выполнения, рекомендуемая литература, планируемые результаты и критерии оценивания.

Практическое занятие 1

Определение категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия:

- здание не относится к категории А;
- суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 % суммарной площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В, если одновременно выполнены два условия:

- здание не относится к категориям А или Б;
- суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5 % (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия:

- здание не относится к категориям А, Б или В;
- суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г превышает 5 % суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В или Г.

Пример 1 Исходные данные. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 9000$ м². В здании находятся помещения категории А суммарной площадью $F_A = 400$ м².

Определение категории здания.

Суммарная площадь помещений категории А составляет 4,44 % и не превышает 5 % площади всех помещений здания, но более 200 м². Т.о. здание относится к категории А.

Пример 2 Исходные данные. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 32000$ м². Площадь помещений категории А составляет $F_A = 150$ м², категории Б - $F_B = 400$ м², суммарная категорий А и Б - $F_{А,Б} = 550$ м²

Определение категории здания.

Суммарная площадь помещений категории А составляет 0,47 % и не превышает 5 % площади всех помещений здания и 200 м². Согласно п. 4-1 НПБ 105-95 здание не относится к категории А. Суммарная площадь помещений категорий А и Б составляет 1,72 % и не превышает 5 % площади всех помещений здания, но более 200 м². Т.о. здание относится к категории Б.

Пример 3. Исходные данные. Производственное восьмиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 40000 \text{ м}^2$. В здании отсутствуют помещения категорий А и Б. Площадь помещений категорий В1 - В3 составляет $F_B = 8000 \text{ м}^2$.

Определение категории здания.

Суммарная площадь помещений категорий В1 - В3 составляет 20 % площади всех помещений здания, что более 10 %. Т.о. здание относится к категории В.

Пример 4 Исходные данные. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 30000 \text{ м}^2$. Помещения категорий А и Б в здании отсутствуют. Площадь помещений категорий В1 - В3 составляет $F_B = 1800 \text{ м}^2$, категории Г - $F_G = 2000 \text{ м}^2$, суммарная площадь помещений категорий В1 - В3, Г - $F_{В,Г} = 3800 \text{ м}^2$.

Определение категории здания.

Суммарная площадь помещений категорий В1 - В3 составляет 6 % и не превышает 10 % площади всех помещений здания. Согласно п. 4.3 НПБ 105-95 здание не относится к категории В. Суммарная площадь помещений категорий В1 - В3, Г составляет 12,67 % площади всех помещений здания, что более 5 %. Согласно пп. 4.3 и 4.4 НПБ 105-95 и экспресс-информации Минстроя России и ГУГПС МВД России [6] здание относится к категории Г.

Пример 5 Исходные данные. Производственное одноэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 8000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет $F_{А,Б} = 600 \text{ м}^2$, категорий В1 - В3 - $F_B = 1000 \text{ м}^2$, категории Г - $F_G = 200 \text{ м}^2$, категорий В4 и Д - $F_{В4,Д} = 6200 \text{ м}^2$, суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1 - В3 - $F_{А,Б,В} = 1600 \text{ м}^2$, суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1 - В3, Г - $F_{А,Б,В,Г} = 1800 \text{ м}^2$. Помещения категорий А, Б, В1 - В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Определение категории здания.

Суммарная площадь помещений категорий А и Б, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 7,5 % и не

превышает 25 % площади всех помещений здания и 1000 м². Согласно пп. 4.1 и 4.2 НПБ 105-95 здание не относится к категории А или Б. Суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1 - В3, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 20 % и не превышает 25 % площади всех помещений здания и 3500 м². Согласно п. 4.3 НПБ 105-95 и экспресс-информации Минстроя России и ГУГПС МВД России [6] здание не относится к категории В. Суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1 - В3, Г, где помещения категорий А, Б, В1 - В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения, составляет 22,5 % и не превышает 25 % площади всех помещений здания и 5000 м². Согласно пп. 4.4 и 4.5 НПБ 105-95 и экспресс-информации Минстроя России и ГУГПС МВД России [6] здание не относится к категориям А, Б, В и Г. Следовательно, оно относится к категории Д.

Вопросы и задания

1. Определите категорию здания по пожарной и взрывопожарной опасности. Исходные данные. Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 20000$ м². В здании находятся помещения категории А суммарной площадью $F_A = 2000$ м². Эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

2. Определите категорию здания по пожарной и взрывопожарной опасности. Исходные данные. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 15000$ м². Площадь помещений категории А составляет $F_A = 800$ м², категории Б - $F_B = 600$ м², суммарная категорий А и Б - $F_{AB} = 1400$ м². Помещения категорий А и Б оборудованы установками автоматического пожаротушения.

3. Определите категорию здания по пожарной и взрывопожарной опасности. Исходные данные.

Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 12000$ м². Площадь помещений категорий А и Б составляет $F_{A,B} =$

180 м², категорий В1 - В3 - $F_B = 5000$ м², суммарная категорий А, Б, В1 - В3 - $F_{А,Б,В} = 5180$ м².

4. Определите категорию здания по пожарной и взрывопожарной опасности. Исходные данные.

Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 20000$ м². Площадь помещений категорий А и Б составляет $F_{А,Б} = 900$ м², категорий В1 - В3 - $F_B = 4000$ м², суммарная категорий А, Б, В1 - В3 - $F_{А,Б,В} = 4900$ м². Помещения категорий А, Б, В1 - В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

5. Определите категорию здания по пожарной и взрывопожарной опасности. Исходные данные.

Производственное четырехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 16000$ м². Площадь помещений категорий А и Б составляет $F_{А,Б} = 800$ м², помещений категорий В1 - В3 - $F_B = 1500$ м², помещений категории Г - $F_G = 3000$ м², суммарная категорий А, Б, В1 - В3 - $F_{А,Б,В} = 2300$ м², суммарная категорий А, Б, В1 - В3, Г - $F_{А,Б,В,Г} = 5300$ м². Помещения категорий А, Б, В1 - В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

6. Определите категорию здания по пожарной и взрывопожарной опасности. Исходные данные.

Производственное пятиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 25000$ м². Помещения категорий А и Б в здании отсутствуют. Площадь помещений категорий В1 - В3 составляет $F_B = 1000$ м², категории Г - $F_G = 200$ м², категорий В4 и Д - $F_{В4,Д} = 23800$ м², суммарная категорий В1 - В3, Г - $F_{В,Г} = 1200$ м².

7. Определите категорию здания по пожарной и взрывопожарной опасности. Исходные данные.

Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений $F = 10000$ м². Помещения категорий А, Б, В1 - В3 и Г отсутствуют. Площадь помещений категории В4 составляет $F_{В4} = 2000$ м², категории Д - $F_D = 8000$ м².

Практическое занятие 2

Пожарная опасность строительных материалов

Строительные материалы относятся к негорючим при следующих значениях параметров горючести, определяемых экспериментальным путем: прирост температуры - не более 50 градусов Цельсия, потеря массы образца - не более 50 процентов, продолжительность устойчивого пламенного горения - не более 10 секунд.

Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим. *Горючие строительные* материалы подразделяются на следующие группы:

1) слабогорючие (Г1), имеющие температуру дымовых газов не более 135 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 65 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 20 процентов, продолжительность самостоятельного горения 0 секунд;

2) умеренногорючие (Г2), имеющие температуру дымовых газов не более 235 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 30 секунд;

3) нормальногорючие (Г3), имеющие температуру дымовых газов не более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 300 секунд;

4) сильногорючие (Г4), имеющие температуру дымовых газов более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца

более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения более 300 секунд.

Для материалов, относящихся к группам горючести Г1 - Г3, не допускается образование горящих капель расплава при испытании (для материалов, относящихся к группам горючести Г1 и Г2, не допускается образование капель расплава). Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

По воспламеняемости горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) трудновоспламеняемые (В1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 35 киловатт на квадратный метр;

2) умеренновоспламеняемые (В2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 20, но не более 35 киловатт на квадратный метр;

3) легковоспламеняемые (В3), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока менее 20 киловатт на квадратный метр.

По скорости распространения пламени по поверхности горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) нераспространяющие (РП1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 11 киловатт на квадратный метр;

2) слабораспространяющие (РП2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 8, но не более 11

киловатт на квадратный метр;

3) умеренно распространяющие (РП3), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 5, но не более 8 киловатт на квадратный метр;

4) сильно распространяющие (РП4), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока менее 5 киловатт на квадратный метр.

По дымообразующей способности горючие строительные материалы в зависимости от значения коэффициента дымообразования подразделяются на следующие группы:

1) с малой дымообразующей способностью (Д1), имеющие коэффициент дымообразования менее 50 квадратных метров на килограмм;

2) с умеренной дымообразующей способностью (Д2), имеющие коэффициент дымообразования не менее 50, но не более 500 квадратных метров на килограмм;

3) с высокой дымообразующей способностью (Д3), имеющие коэффициент дымообразования более 500 квадратных метров на килограмм.

По токсичности продуктов горения горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы в соответствии с [таблицей 1](#)

1) малоопасные (Т1);

2) умеренноопасные (Т2);

3) высокоопасные (Т3);

4) чрезвычайно опасные (Т4).

Классы пожарной опасности в зависимости от групп пожарной опасности строительных материалов приведены в [таблице 2](#).

Таблица 1 - Классификация горючих строительных материалов по значению показателя токсичности продуктов горения

Класс опасности	Показатель токсичности продуктов горения в зависимости от времени экспозиции			
	5 минут	15 минут	30 минут	60 минут

Малоопасные	более 210	более 150	более 120	более 90
Умеренноопасные	более 70, но не более 210	более 50, но не более 150	более 40, но не более 120	более 30, но не более 90
Высокоопасные	более 25, но не более 70	более 17, но не более 50	более 13, но не более 40	более 10, но не более 30
Чрезвычайно опасные	не более 25	не более 17	не более 13	не более 10

Таблица 2 - Классы пожарной опасности строительных материалов

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительных материалов в зависимости от групп					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г3	Г4
Воспламеняемость	-	В1	В2	В2	В2	В3
Дымообразующая способность	-	Д2	Д2	Д3	Д3	Д3
Токсичность	-	Т2	Т2	Т2	Т3	Т4
Распространение пламени	-	РП1	РП1	РП2	РП2	РП4

Вопросы и задания

1. *Определите класс пожарной опасности строительных материалов в зависимости от их свойств.*

- Материал умеренно горючий, легковоспламеняемый, с умеренной дымообразующей способностью, высокоопасный, слабораспространяющий пламя по поверхности;
- Материал нормальногорючий, легковоспламеняемый, слабораспространяющий пламя по поверхности, умеренноопасный;
- Материал сильногорючий, умеренновоспламеняемый, с высокой дымообразующей способностью, высокоопасный, умеренно распространяющий пламя по поверхности

2. *Определите класс опасности строительных материалов при значении показателя токсичности продуктов горения:*

- равным 100 при времени экспозиции 15 минут;
- равным 100 при времени экспозиции 30 минут;
- равным 50 при времени экспозиции 5 минут;
- равным 10 при времени экспозиции 60 минут;
- равным 30 при времени экспозиции 15 минут;
- равным 20 при времени экспозиции 5 минут;
- равным 200 при времени экспозиции 15 минут;
- равным 50 при времени экспозиции 60 минут.

Практическое занятие 3

Классификация зданий, сооружений и строительных материалов по пожарной опасности

Классификация строительных, текстильных и кожевенных материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара.

Пожарная опасность строительных, текстильных и кожевенных материалов характеризуется следующими свойствами:

- 1) горючесть;
- 2) воспламеняемость;
- 3) способность распространения пламени по поверхности;
- 4) дымообразующая способность;
- 5) токсичность продуктов горения.

По горючести строительные материалы подразделяются на горючие (Г) и негорючие (НГ).

Строительные материалы относятся к негорючим при следующих значениях параметров горючести, определяемых экспериментальным путем: прирост температуры - не более 50 градусов Цельсия, потеря массы образца - не более 50 процентов, продолжительность устойчивого пламенного горения - не более 10 секунд.

Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, **относятся к горючим**. Горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы:

1) слабогорючие (Г1), имеющие температуру дымовых газов не более 135 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 65 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 20 процентов, продолжительность самостоятельного горения 0 секунд;

2) умеренногорючие (Г2), имеющие температуру дымовых газов не

более 235 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 30 секунд;

3) нормальногорючие (Г3), имеющие температуру дымовых газов не более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 300 секунд;

4) сильногорючие (Г4), имеющие температуру дымовых газов более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения более 300 секунд.

Для материалов, относящихся к группам горючести Г1 - Г3, не допускается образование горящих капель расплава при испытании (для материалов, относящихся к группам горючести Г1 и Г2, не допускается образование капель расплава). Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

По воспламеняемости горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) трудновоспламеняемые (В1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 35 киловатт на квадратный метр;

2) умеренновоспламеняемые (В2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 20, но не более 35 киловатт на квадратный метр;

3) легковоспламеняемые (В3), имеющие величину критической

поверхностной плотности теплового потока менее 20 киловатт на квадратный метр.

По скорости распространения пламени по поверхности горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) нераспространяющие (РП1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 11 киловатт на квадратный метр;

2) слабораспространяющие (РП2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 8, но не более 11 киловатт на квадратный метр;

3) умереннораспространяющие (РП3), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 5, но не более 8 киловатт на квадратный метр;

4) сильнораспространяющие (РП4), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока менее 5 киловатт на квадратный метр.

По дымообразующей способности горючие строительные материалы в зависимости от значения коэффициента дымообразования подразделяются на следующие группы:

1) с малой дымообразующей способностью (Д1), имеющие коэффициент дымообразования менее 50 квадратных метров на килограмм;

2) с умеренной дымообразующей способностью (Д2), имеющие коэффициент дымообразования не менее 50, но не более 500 квадратных метров на килограмм;

3) с высокой дымообразующей способностью (Д3), имеющие коэффициент дымообразования более 500 квадратных метров на килограмм.

По токсичности продуктов горения горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы в соответствии с [таблицей 1](#):

- 1) малоопасные (Т1);
- 2) умеренноопасные (Т2);
- 3) высокоопасные (Т3);
- 4) чрезвычайно опасные (Т4).

Классы пожарной опасности в зависимости от групп пожарной опасности строительных материалов приведены в [таблице 2](#).

Для напольных ковровых покрытий группа горючести не определяется.

Текстильные и кожевенные материалы по воспламеняемости подразделяются на легковоспламеняемые и трудновоспламеняемые. Ткань (нетканое полотно) классифицируется как легковоспламеняемый материал, если при испытаниях выполняются следующие условия:

- 1) время пламенного горения любого из образцов, испытанных при зажигании с поверхности, составляет более 5 секунд;
- 2) любой из образцов, испытанных при зажигании с поверхности, прогорает до одной из его кромок;
- 3) хлопчатобумажная вата загорается под любым из испытываемых образцов;
- 4) поверхностная вспышка любого из образцов распространяется более чем на 100 миллиметров от точки зажигания с поверхности или кромки;
- 5) средняя длина обугливающегося участка любого из образцов, испытанных при воздействии пламени с поверхности или кромки, составляет более 150 миллиметров.

Для классификации строительных, текстильных и кожевенных материалов следует применять значение индекса распространения пламени (I) - условного безразмерного показателя, характеризующего способность материалов или веществ воспламеняться, распространять пламя по поверхности и выделять тепло. По распространению пламени материалы подразделяются на следующие группы:

- 1) не распространяющие пламя по поверхности, имеющие индекс распространения пламени 0;

2) медленно распространяющие пламя по поверхности, имеющие индекс распространения пламени не более 20;

3) быстро распространяющие пламя по поверхности, имеющие индекс распространения пламени более 20.

Таблица 1 - Классификация горючих строительных материалов по значению показателя токсичности продуктов горения

Класс опасности	Показатель токсичности продуктов горения в зависимости от времени экспозиции			
	5 минут	15 минут	30 минут	60 минут
Малоопасные	более 210	более 150	более 120	более 90
Умеренноопасные	более 70, но не более 210	более 50, но не более 150	более 40, но не более 120	более 30, но не более 90
Высокоопасные	более 25, но не более 70	более 17, но не более 50	более 13, но не более 40	более 10, но не более 30
Чрезвычайно опасные	не более 25	не более 17	не более 13	не более 10

Таблица 2 - Классы пожарной опасности строительных материалов

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительных материалов в зависимости от групп					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г3	Г4
Воспламеняемость	-	В1	В2	В2	В2	В3
Дымообразующая способность	-	Д2	Д2	Д3	Д3	Д3
Токсичность	-	Т2	Т2	Т2	Т3	Т4
Распространение пламени	-	РП1	РП1	РП2	РП2	РП4

Перечень показателей пожарной опасности строительных материалов, достаточных для присвоения классов пожарной опасности КМ0 - КМ5, определяется в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 -Перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности строительных материалов

Назначение строительных материалов	Перечень необходимых показателей в зависимости от назначения строительных материалов				
	группа горючести	группа распространения пламени	группа воспламеняемости	группа по дымообразующей способности	группа по токсичности продуктов горения
Материалы для отделки стен и потолков, в том числе покрытия из красок, эмалей, лаков	+	-	+	+	+
Материалы для покрытия полов, в том числе ковровые	-	+	+	+	+
Кровельные материалы	+	+	+	-	-
Гидроизоляционные и пароизоляционные материалы толщиной более 0,2 миллиметра	+	-	+	-	-
Теплоизоляционные материалы	+	-	+	+	+

Примечания: 1. Знак "+" обозначает, что показатель необходимо применять.
 2. Знак "-" обозначает, что показатель не применяется.
 3. При применении гидроизоляционных материалов для поверхностного слоя кровли показатели их пожарной опасности следует определять по позиции "Кровельные материалы".

Классификация зданий, сооружений и пожарных отсеков по функциональной пожарной опасности

Здания (сооружения, пожарные отсеки и части зданий, сооружений - помещения или группы помещений, функционально связанные между собой) по классу функциональной пожарной опасности в зависимости от их назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, сооружении, возможности пребывания их в состоянии сна подразделяются на:

1) Ф1 - здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей, в том числе:

а) Ф1.1 - здания дошкольных образовательных организаций, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных организаций с наличием интерната и детских организаций;

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

в) Ф1.3 - многоквартирные жилые дома;

г) Ф1.4 - многоквартирные жилые дома, в том числе блокированные;

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

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

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

в) Ф2.3 - здания учреждений, указанные в подпункте "а" настоящего пункта, на открытом воздухе;

г) Ф2.4 - здания учреждений, указанные в подпункте "б" настоящего пункта, на открытом воздухе;

3) Ф3 - здания организаций по обслуживанию населения, в том числе:

а) Ф3.1 - здания организаций торговли;

б) Ф3.2 - здания организаций общественного питания;

в) Ф3.3 - вокзалы;

г) Ф3.4 - поликлиники и амбулатории;

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

е) Ф3.6 - физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-

тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, бытовые помещения, бани;

4) Ф4 - здания образовательных организаций, научных и проектных организаций, органов управления учреждений, в том числе:

а) Ф4.1 - здания общеобразовательных организаций, организаций дополнительного образования детей, профессиональных образовательных организаций;

б) Ф4.2 - здания образовательных организаций высшего образования, организаций дополнительного профессионального образования;

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

г) Ф4.4 - здания пожарных депо;

5) Ф5 - здания производственного или складского назначения, в том числе:

а) Ф5.1 - производственные здания, сооружения, производственные и лабораторные помещения, мастерские;

б) Ф5.2 - складские здания, сооружения, стоянки для автомобилей без технического обслуживания и ремонта, книгохранилища, архивы, складские помещения;

Вопросы и задания

1. Определить класс пожарной опасности строительных материалов при наличии следующих данных:

Задание 1. Продолжительность устойчивого горения материала составляет 5 секунд; коэффициент дымообразования – $30 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Задача 2. Материал по горючести относится к группе Г2, величина критической поверхностной плотности теплового потока составляет $30 \text{ кВт}/\text{м}^2$, коэффициент дымообразования составляет $30 \text{ м}^2/\text{кг}$, показатель токсичности продуктов горения при времени экспозиции 30 минут равен 80.

Задача 3. Материал по горючести относится к группе ГЗ, величина критической поверхностной плотности теплового потока составляет 10 кВт/м², коэффициент дымообразования составляет 400 м²/кг, показатель токсичности продуктов горения при времени экспозиции 15 минут равен 45.

2. Перечислите показатели, необходимые для оценки пожарной опасности строительных материалов. Заполните таблицу 4.

№ п/п	Строительный материал	Показатель пожарной опасности
1.	Ламинат, паркет, линолеум	
2	Обои	
3	Палас напольный	
4	Балки деревянные	
5	Пенопласт	
6	Утеплитель «УРСА»	

3. Определите класс функциональной пожарной опасности здания.
Заполните таблицу

№ п/п	Наименование	Класс ФПО	Подкласс ФПО
1	Поликлиника		
2	Столовая		
3	Офисное здание		
4	Выставочный центр		
5	Автомобильный салон		
6	Общеобразовательная школа		
7	Детский сад		
8	Многоквартирный дом		
9	Станция технического обслуживания		
10	Пожарная часть		

Практическое занятие 4

Конструктивные элементы зданий

Теоретическое обоснование

Основными несущими элементами зданий являются фундаменты, стены, отдельные опоры, элементы перекрытий и покрытий, составляющие несущий остов здания. Совокупность элементов несущего остова должна обеспечивать восприятие всех нагрузок, воздействующих на здание, и передачу их на основание, а также пространственную неизменяемость (жесткость) и устойчивость зданий.

По конструктивной схеме несущего остова здания подразделяются на бескаркасные, каркасные и с неполным каркасом. В бескаркасных зданиях основными вертикальными несущими элементами являются стены, в каркасных — отдельные опоры (колонны, столбы), в зданиях с неполным каркасом — и стены и отдельные опоры.

Бескаркасные здания получили широкое распространение в гражданском одноэтажном, малоэтажном и многоэтажном строительстве. Имеются примеры возведения бескаркасных жилых зданий высотой в 25 этажей. Бескаркасные здания встречаются также в одноэтажном и малоэтажном промышленном строительстве.

Несущий остов таких зданий, состоящий из несущих стен и перекрытий, представляет собой как бы коробку, пространственная жесткость которой создается совместной работой стен и дисков перекрытий.

Бескаркасные здания могут возводиться с продольными несущими стенами. Поперечные стены в таких зданиях устраивают только в лестничных клетках, а также в промежутках между ними для придания большей устойчивости продольным стенам и, в тех местах, где должны проходить дымовые и вентиляционные каналы. Ширина гражданских зданий обычно не превышает целесообразные величины пролетов конструкций перекрытий. В

таких зданиях, помимо наружных несущих продольных стен, приходится возводить внутренние несущие продольные, стены.

Гражданские бескаркасные здания часто возводят и с поперечными несущими стенами. В таких зданиях продольные наружные стены являются самонесущими. При возведении таких зданий из сборных железобетонных конструкций (панельных) поперечные несущие стены выполняются из железобетонных панелей, а ограждающие наружные стены — из легких панелей.

Возводятся также бескаркасные здания, где несущими являются как поперечные, так и продольные стены. В таких зданиях панели перекрытий размером на комнату опираются всеми четырьмя сторонами на поперечные и продольные стены.

Здания с неполным каркасом вместо внутренних продольных и внутренних поперечных стен, на которые должны опираться конструкции перекрытий, имеют отдельные опоры в виде столбов или колонн. На колонны в продольном или поперечном направлении укладывают прогоны, служащие опорами для плит перекрытий.

Каркасными в большинстве случаев строят одноэтажные, малоэтажные и многоэтажные промышленные здания, а также многоэтажные гражданские здания. Ряд малоэтажных гражданских зданий возводят также в каркасных конструкциях.

Несущий остов таких зданий состоит из колонн и горизонтальных ригелей, выполняемых в виде балок или ферм. Колонны и жестко или шарнирно скрепленные с ними ригели образуют рамы. В многоэтажных зданиях ригели иногда располагают в продольном направлении. При применении в многоэтажных зданиях безбалочных перекрытий ригелем рамы является безбалочная плита, жестко связанная с капителями колонн.

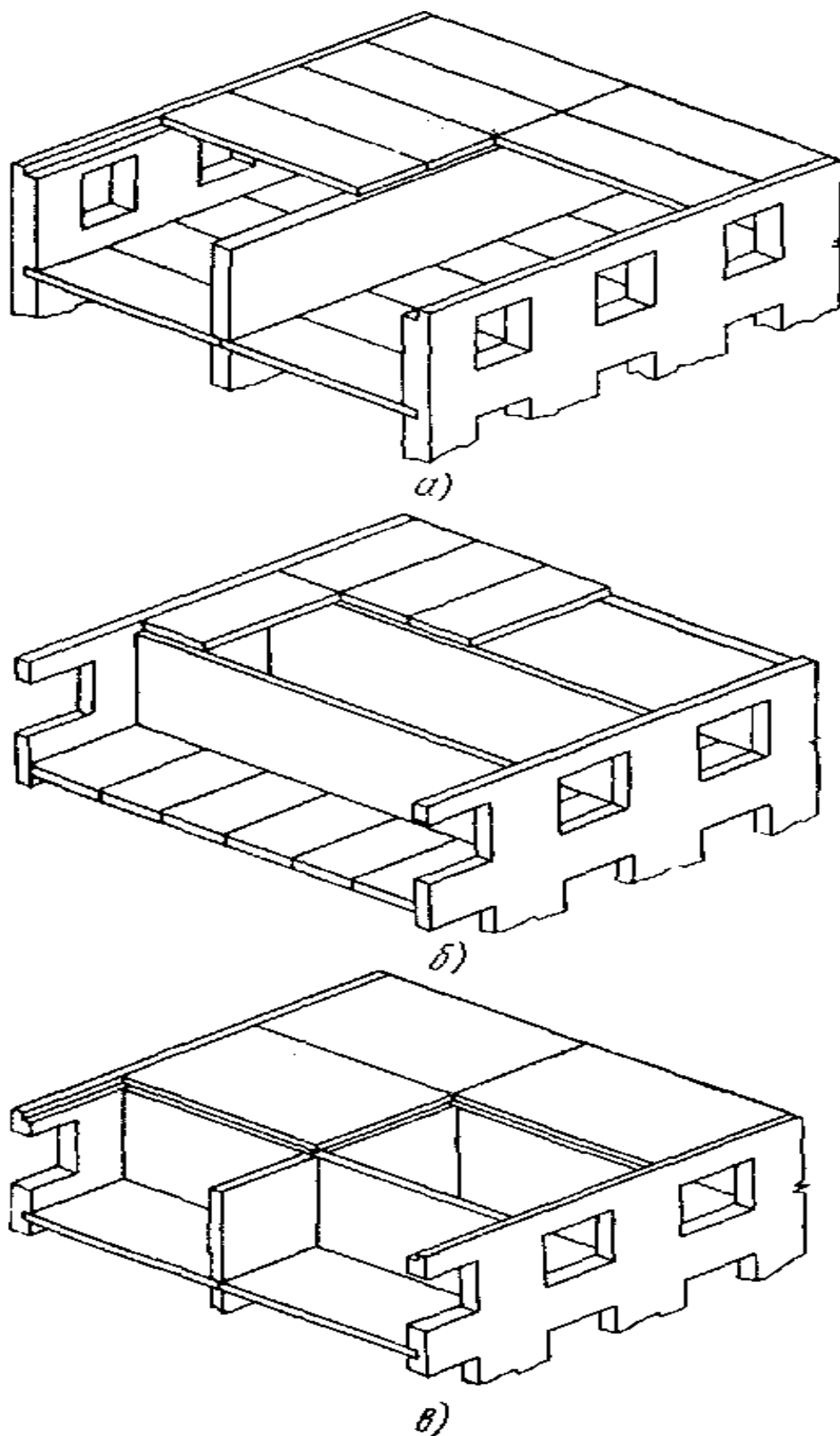


Рис. 1. Конструктивные схемы бескаркасных зданий: а — с продольными несущими стенами, б — с поперечными несущими стенами, в — с поперечными и продольными несущими стенами

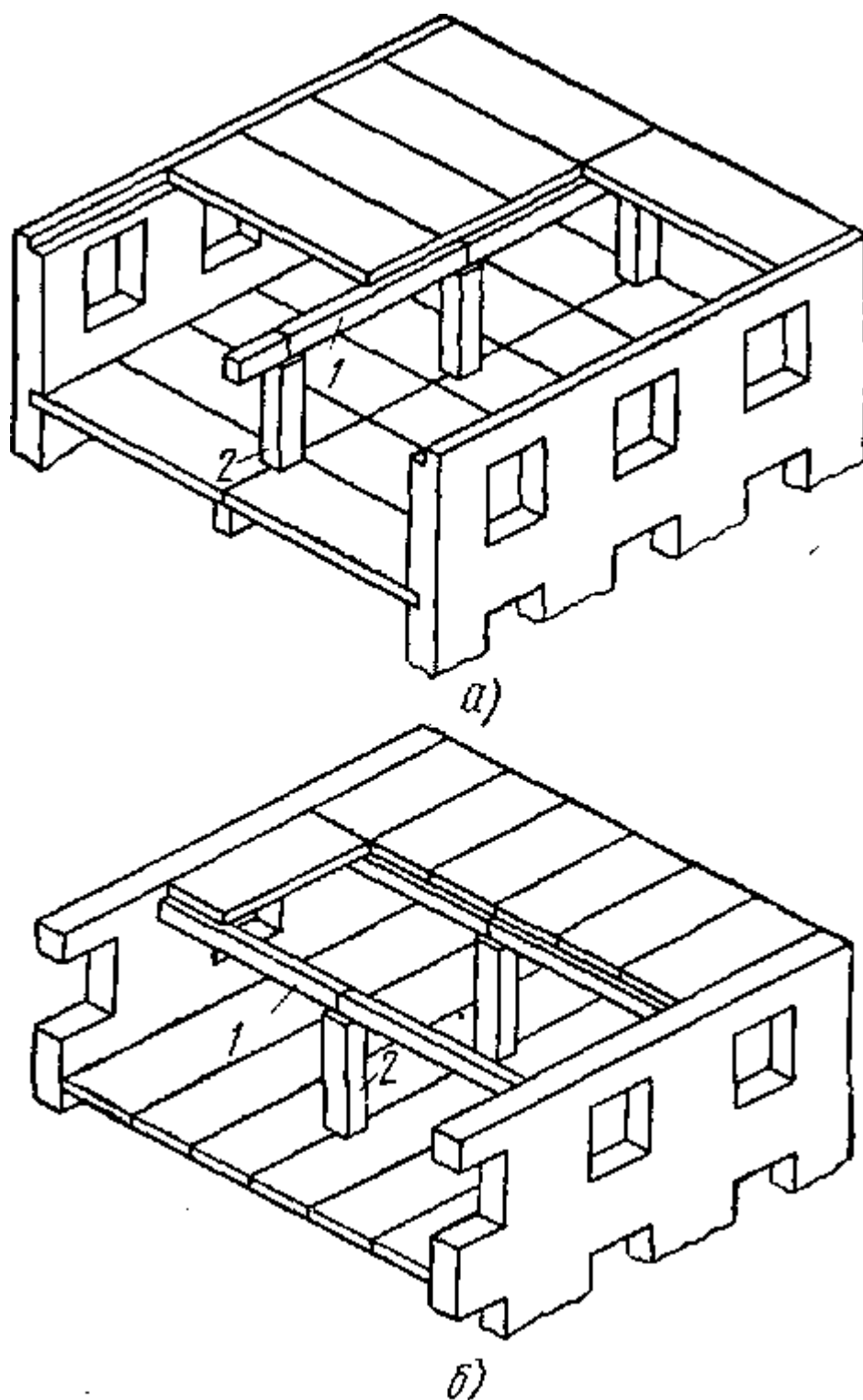
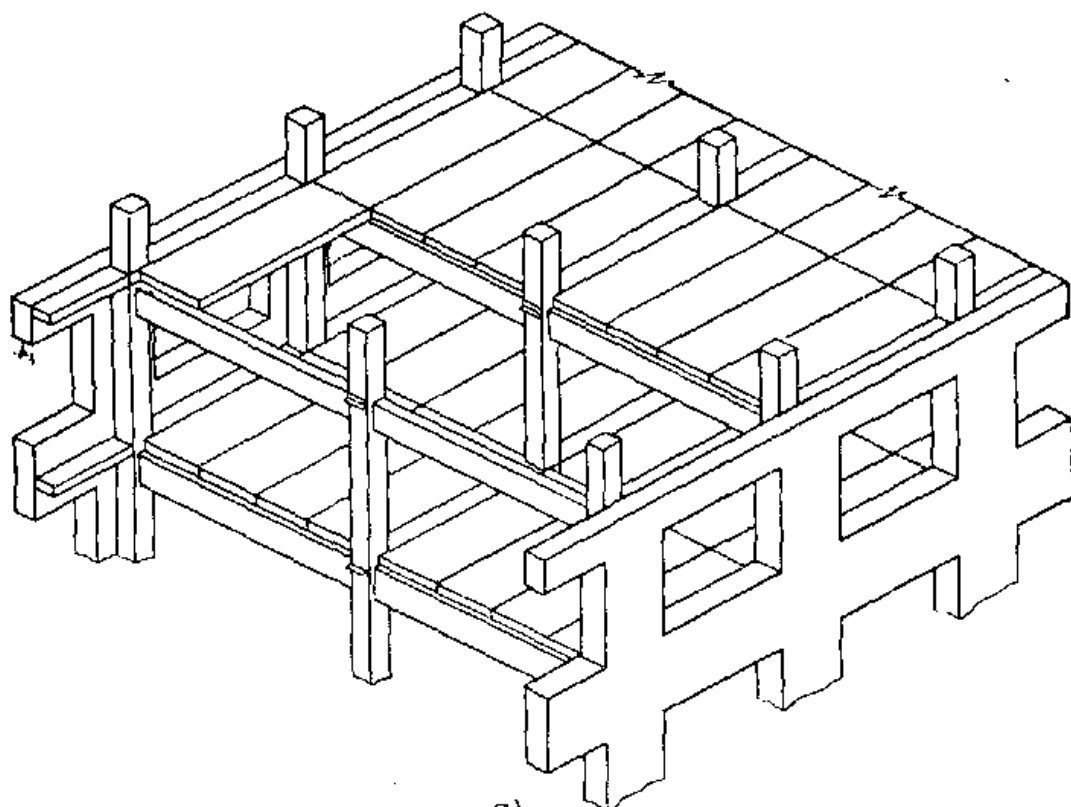
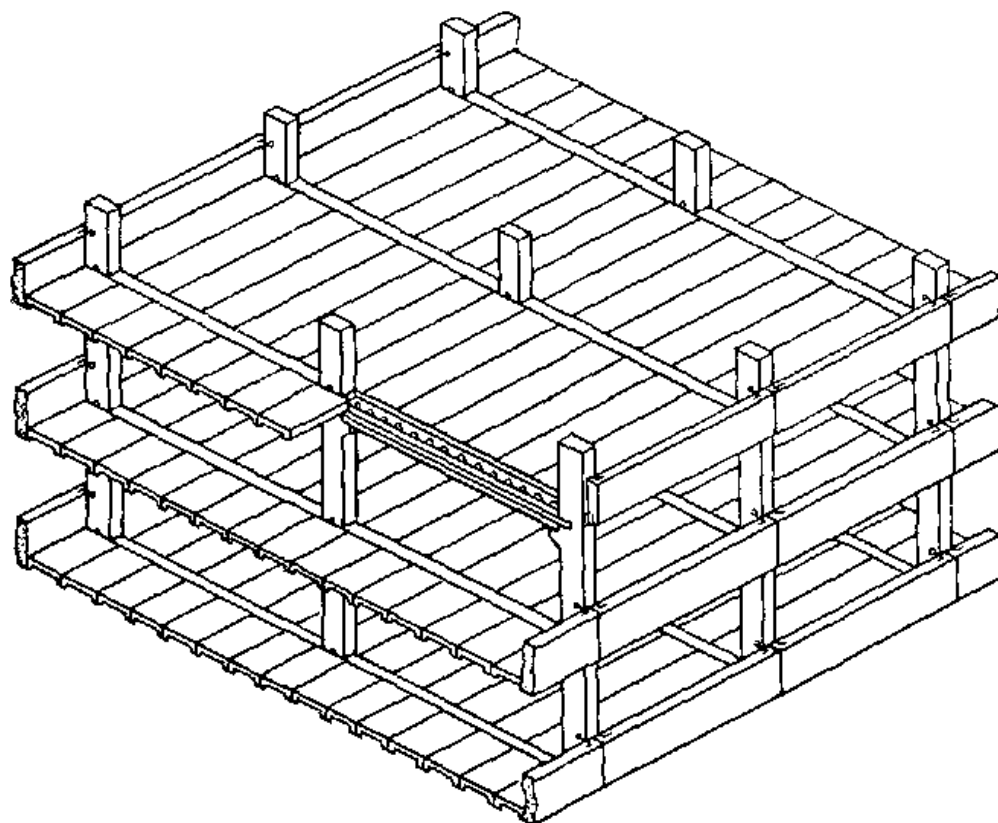


Рис. 2. Конструктивные схемы зданий с неполным каркасом: а — с продольными прогонами, б — с поперечными прогонами; 1 — прогон, 2 — колонна



а)



б)

Рис. 3. Конструктивные схемы каркасных зданий: а — с самонесущими стенами, б — с несущими навесными стенами

Наружные стены каркасных зданий, выполняющие ограждающие функции, являются самонесущими или ненесущими, навесными. Самонесущие стены в этом случае опираются на фундаменты или фундаментные балки, ненесущие стены в каждом этаже — на бортовые балки или ригели рам (при продольном расположении ригелей), а навесные стены навешиваются на наружные колонны каркаса.

Перекрытия — горизонтальные комплексные конструкции, разделяющие здание на этажи.

Перекрытие — несущая строительная конструкция, разделяющая смежные по высоте этажи в здании или сооружении или отделяющая этаж от подвала, подпола, чердака или крыши.

Покрытие здания – верхняяограждающая конструкция,отделяющаяпомещениязданияотнаружнойсредыизащищающаяихотатмосферныхвоздействий. Терминпокрытиезданияиспользуетсяглавнымобразомприменительнокпромышленнымзданиям. В жилищно-гражданскомстроительствечащеприменяюттерминысовмещенноепокрытие и либесчердачноепокрытие.Особыйвидпокрытийзданий– плоские покрытия (крыши-террасы,используемыев качествеспортивныхплощадок,соляриев, автостоянок и др.).

По конструктивной схемеперекрытия различают:

- балочные - балки (ригели) и опирающиеся на них плиты;
- безбалочные перекрытия – плиты опираются на стены или колонны.

В гражданских зданиях применяют панели с круглыми пустотами или сплошные, а в производственных – ребристые

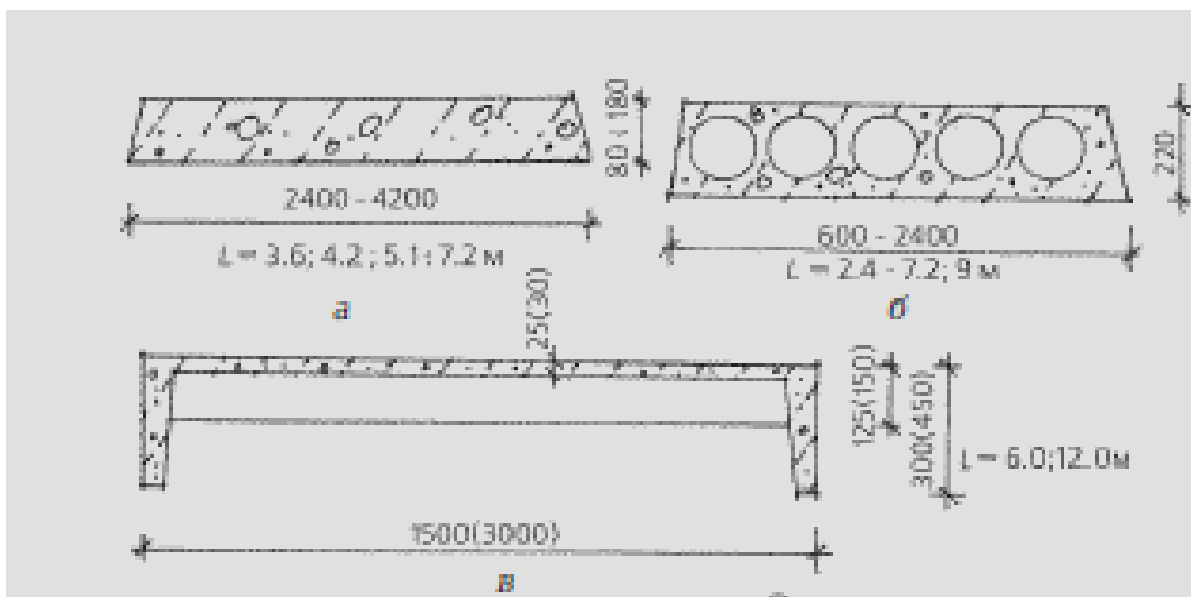


Рисунок – Виды перекрытий зданий

а – сплошная панель; б – многопустотная панель; в – ребристая панель

Лестницы и лестничные клетки

Лестницы – вертикальные коммуникации.

Лестницы, предназначенные для эвакуации людей, в зависимости от их местоположения и наличия лестничной клетки могут быть трех типов:

Внутренние – размещаемые в лестничных клетках;

Внутренние открытые (без ограждающих стен) применяются в театрах, библиотеках, крупных торговых центрах;

Наружные открытые применяют для объединения отдельных корпусов зданий или в качестве 2 эвакуационного выхода в жилых секционных зданиях с одной лестничной клеткой на этаже

Наиболее огнестойкими являются железобетонные лестницы, которые могут выполняться:

- *крупноэлементными* (полносорные): 2 лестничных марша+2 лестничных площадки;
- *мелкоэлементными* набираются из отдельных ступеней, укладываемых на наклонные железобетонные или металлические балки.

Пожарные лестницы, предназначенные для обеспечения тушения пожара и проведения АСР, подразделяются на следующие типы:

П 1 – вертикальные лестницы, применяются, когда высота подъёма на кровлю составляет 10-20 м и там, где перепад высот кровель не превышает 20 м

П 2 – маршевые лестницы с уклоном не более 6:1.

Пожарные лестницы

Пожарные лестницы размещаются на глухих участках стен, начинаются с высоты 2.5 м от поверхности земли и выполняются из стальных прокатных профилей.

Конструкции лестницы типа П1 состоят из тетив, ступеней и площадки перед выходом на кровлю.

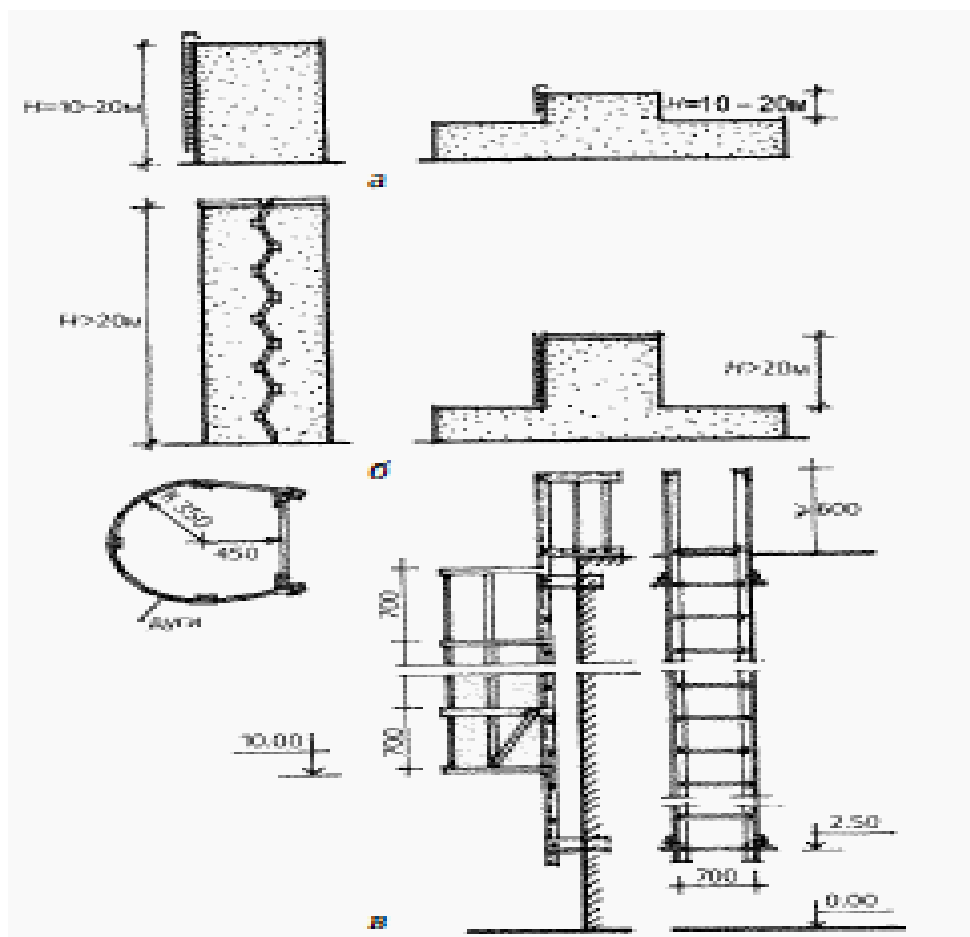
Начиная с высоты 10 м лестницы должны иметь через каждые 0.7 м дуги, радиусом закругления 0.35 м.

Площадка перед выходом на кровлю должна иметь ограждение высотой не менее 0.6 м.

а – тип П1,

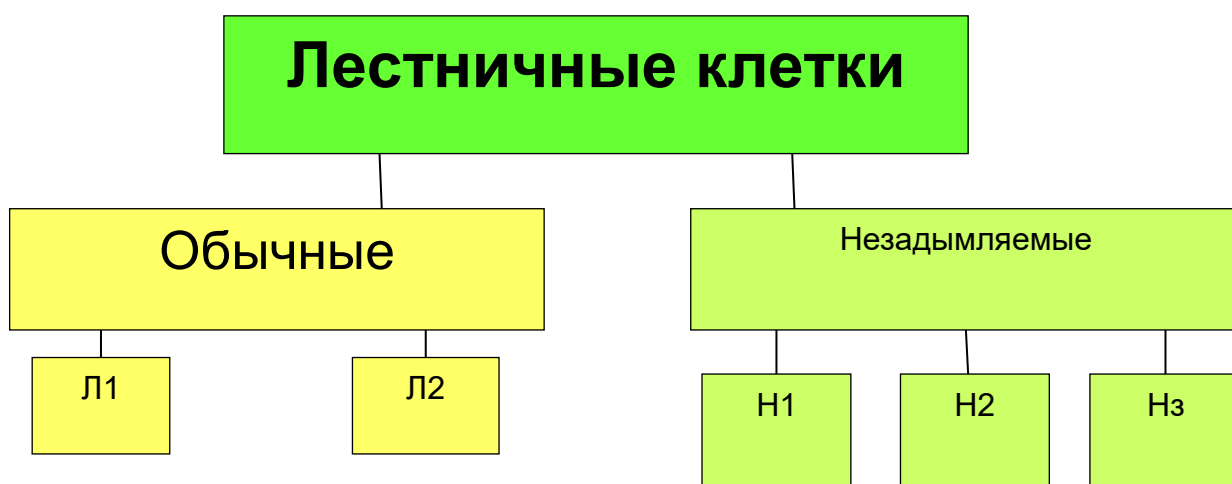
б – тип П2,

в – конструктивное исполнение пожарной лестницы типа П1



Важным конструктивным решением, обеспечивающим безопасность эвакуации является заключение лестниц в лестничную клетку.

Тип лестничной клетки зависит от этажности здания

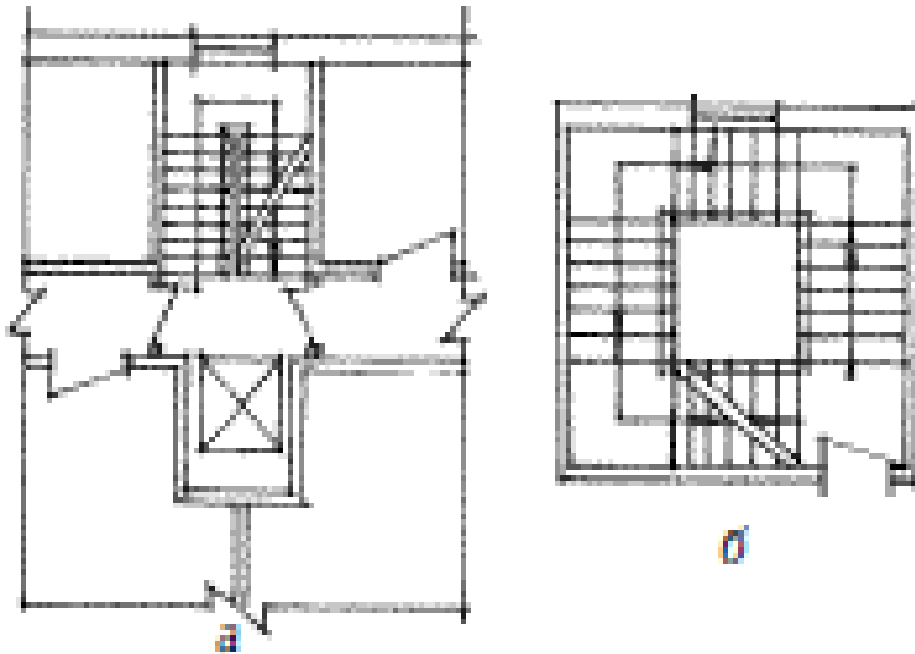


Обычные лестничные клетки устраиваются в зданиях высотой не более 28 м и в зависимости от организации освещения бывают двух типов:

Л1– с остекленными или открытыми проемами в наружных стенах на каждом этаже.

Лестничные клетки через дверные проёмы соединяются с поэтажными коридорами, холлами, галереями в которые предусмотрены выходы из помещений на этажах

Л2 – с естественным освещением через остеклённые или открытые проёмы в покрытии



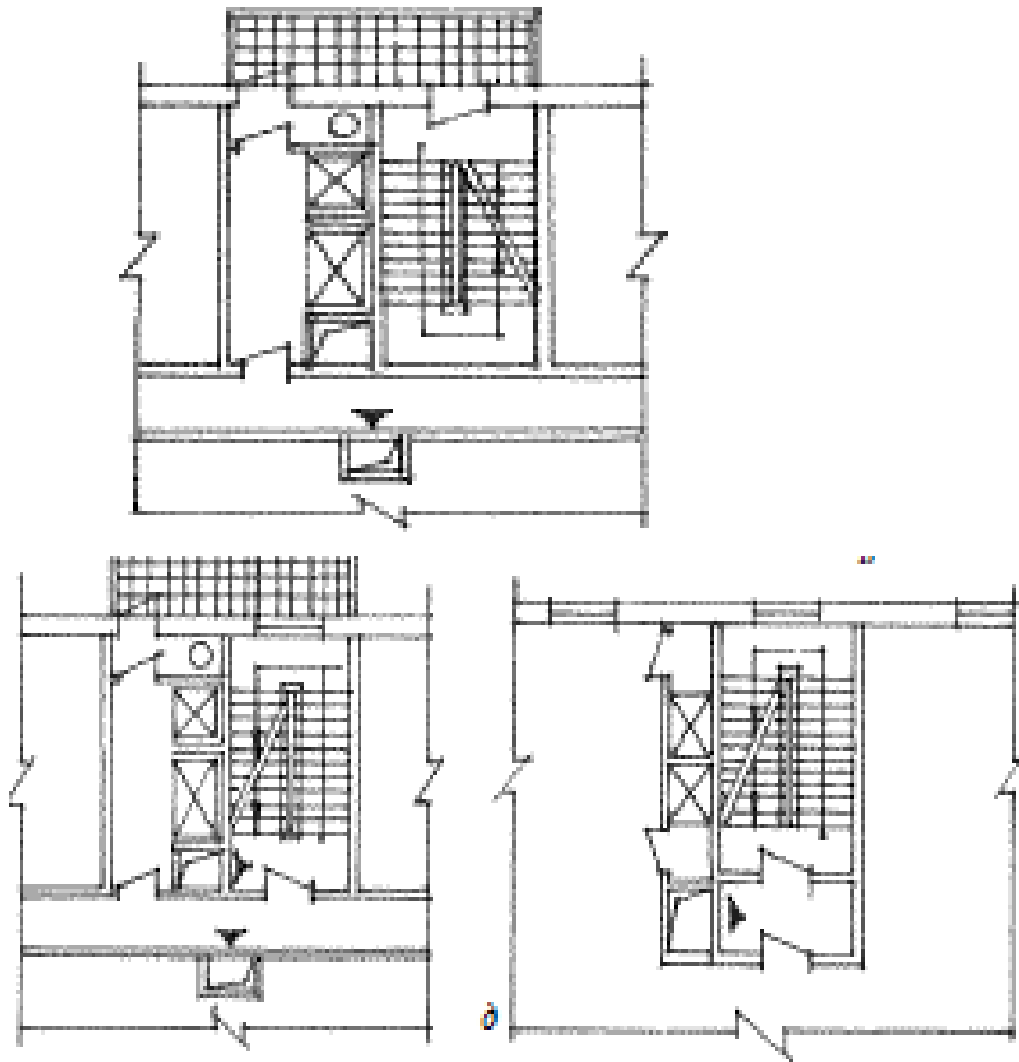
В зданиях повышенной этажности выполняют незадымляемые лестничные клетки:

Н1– с входом в лестничную клетку с этажа через наружную воздушную зону по балконам, лоджиям, открытым переходам. Недостатки: сложность перехода в холодный период года и необходимость проектирования примыкания лестничной клетки к наружной стене здания;

Н2– с подпором воздуха в лестничную клетку при пожаре. Избыточное давление, создаваемое вентиляционными агрегатами, препятствует поступлению дыма в лестничную клетку.

Клетки этого типа разделяются по высоте на отсеки сплошными противопожарными перегородками ;

НЗ— со входом в лестничную клетку с этажа через тамбур-шлюз с подпором воздуха (постоянным или при пожаре)



Вопросы и задания

1. Какие строительные конструкции называются несущими?
2. Что называется конструктивной системой здания?
3. Классификация несущих конструкций.
4. Охарактеризуйте нагрузки, которые испытывают на себе конструкции здания.
5. Охарактеризуйте вертикальные несущие конструкции зданий.
6. Назовите типы конструктивных систем зданий.
7. Охарактеризуйте бескаркасную конструктивную систему зданий.
8. Охарактеризуйте каркасную конструктивную систему зданий

9. Охарактеризуйте объемно-блочную конструктивную систему зданий
10. Охарактеризуйте ствольную конструктивную систему зданий
11. Охарактеризуйте оболочковую конструктивную систему зданий
12. Какие виды комбинированных конструктивных систем зданий вы знаете? Дайте определения.
13. Какие конструкции зданий являются основными?
14. Какие функции выполняют железобетонные каркасы? Как они классифицируются?
15. Назовите области применения и характеристики безбалочных каркасов.
16. Назовите области применения и характеристики металлических каркасов
17. Назовите области применения и характеристики деревянных каркасов
18. Как классифицируются стены зданий?
19. Из каких материалов изготавливают стены зданий? Охарактеризуйте области применения.
20. Виды перекрытий зданий и сооружений
21. Структурные элементы крыш. Виды крыш.
22. Виды лестниц, особенности применения.
23. Конструкции и виды пожарных лестниц.
24. Лестничные клетки: виды, назначение.
25. Незадымляемые лестничные клетки.

Практическое занятие 5

Определение параметров температурного режима пожара в помещении

1. Теоретическое обоснование

Пожарная нагрузка – важный показатель пожарной опасности объекта – количество теплоты, отнесенное к единице поверхности пола, которое может выделяться в помещение или здание при пожаре



Для определения пожарной нагрузки и температурного режима в здании необходимо:

1. По размерам помещения вычертить схему помещения. На схеме указать расположение проёмов
2. Определить площадь проёмов $A_{\text{п}}$
3. Определить площадь поверхностей ограждения A (по схеме)
4. Вычислить значение коэффициента проёмности

$$K_n = \frac{A_n \sqrt{H}}{A}$$

где A_n – площадь вертикальных проёмов, m^2 ,

A – полная площадь всех горизонтальных и вертикальных ограждающих конструкций помещения, m^2

H – средняя высота проёмов, m

5. Определить значение коэффициента f_1 (табл.1)

6. Вычислить приведенный коэффициент проёмности K_n

$$K_n = \frac{A_n \sqrt{H}}{A \cdot f_1 f_2},$$

где f_1, f_2 – коэффициенты, учитывающие вид материала ограждений и наличие вертикальных и горизонтальных проёмов соответственно

Таблица 1 Значения коэффициента f_1 в зависимости от материала ограждений помещений

Материал ограждений	Значения коэффициента f_1 равного при $K_n = \frac{A_n \sqrt{H}}{A}$					
	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
Тяжелый бетон	0.85					
Легкий бетон	3					
Тяжелый (50%) + легкий бетон (50%)	1.35			1.5	1.55	1.65
Тяжелый (33%) + легкий бетон (50%) и (17%) трехслойная конструкция из гипсовой плитки, минеральной ваты и кирпича	1.65	1.50	1.35	1.50	1.75	2
Бетон (20%) в 2-х слойной гипсовой панели с воздушной прослойкой	0.75	0.75	0.65	0.6		

7. Вычислить приведенную пожарную нагрузку

$$q^{red} = f_1 \cdot Q$$

8. Определить требуемые параметры (ψ, τ_m, V_c)

■ Коэффициентом условий пожара ψ , характеризующего изменение температуры реального пожара на стадии его развития, который вычисляется по формуле:

$$\psi = 1.37 - \frac{150 K_n - 0.65}{K_n^2 \cdot 10^4}$$

Где K_n – коэффициент проёмности, $m^0.5$

■ Временем наступления максимума на температурной кривой реального пожара τ_m , ч или мин

$$\tau_m = \frac{q^{red}}{8318K_n - 4021K_n^2}$$

■ Скоростью снижения температуры среды в помещении в фазе затухания реального пожара V_c , °C/ч, мин

$$V_c = \frac{98000K_n - 1500}{q^{red}}$$

9. Определить температуру среды через 20, 30, 40, 50 мин после начала пожара

$$\text{при } \tau \leq \tau_m \quad T_f^r = \psi 345 \lg(480\tau + 1) + t_n$$

$$\tau > \tau_m \quad T_f^r = (\psi 345 \lg(480\tau + 1) + t_n) - (V_c(\tau - \tau_m))$$

10. Построить схему температурного режима пожара в помещении (по вертикали – температура, по горизонтали – время)

Вопросы и задания

1. Занесите в тетрадь сведения о видах пожарной нагрузки объектов
2. Определить параметры температурного режима пожара во время его полного развития и затухания в помещении:

- Коэффициент условий пожара ψ , характеризующего изменение температуры
- Время наступления максимума на температурной кривой реального пожара τ_m , ч
- Скорость снижения температуры среды в помещении в фазе затухания реального пожара V_c , °C/ч,
- Температуру среды через 20, 30, 40, 50 мин после начала пожара, вычертить график

Таблица 2 – Варианты для решения задачи

Параметр	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
Размеры помещения, м	11.2x6.9x3.1	14.3x7.2x3.3	16x8.1x2.9	9.6x5.4x3.5	9.2x6.1x3.1	10.3x5.2x2.8	11.3x4.3x3.3
Размеры вертикальных проёмов, м	0.9x1.65	1.2x1.72	1.23x1.8	1.03x1.67	1.35x1.8	1.17x1.75	1.5x1.69
Кол-во вертикальных проёмов	6 (2)	6(2)	8(2)	4(1)	3(1)	4(2)	3(1)

Пожарная нагрузка Q , МДж/м ²	270	750	330	290	453	522	610
Материал ограждений	Тяжелый бетон	Легкий бетон	Тяжелый +легкий бетон	Тяжелый (33%) +легкий бетон (50%) и (17%) трехслойная конструкция из гипсовой плитки, минеральной ваты и кирпича	Бетон (20%) в 2-х слойной гипсовой панели с воздушной прослойкой	Легкий бетон	Тяжелый +легкий бетон

Практическое занятие 6

Оценка огнестойкости проектируемых зданий

1. Процедура оценки огнестойкости проектируемых зданий включает в себя:

-установление требуемой степени огнестойкости зданий D_{fr}^{mp}

-определение значений требуемых пределов огнестойкости τ_{fr}^{mp} основных конструкций проектируемого здания;

-определение значений фактических пределов огнестойкости τ_f^{ϕ} , основных конструкций проектируемого здания;

-проверка условия обеспечения противопожарной защиты здания по показателю его огнестойкости из условия:

если: $(\tau_f^{\phi} \geq \tau_{fr}^{mp})_{\text{осн.констр.здания}}$, то D_{fr}^{ϕ} соответствует D_{fr}^{mp}

Если условие выполняется, то противопожарная защита здания по показателю его огнестойкости обеспечена. Если условие не выполняется, то необходимо вернуться к решению вопросов повышения огнестойкости соответствующих конструкций и повторной проверке условия.

2.Требуемая степень огнестойкости зданий различного назначения определяется в соответствии с требованиями строительных норм и правил.

3.Значения требуемых пределов огнестойкости основных конструкций проектируемых зданий определяются в зависимости от требуемой степени огнестойкости здания.

Вопросы и задания

Определяем требуемую степень огнестойкости проектируемого здания.

Дано:

Проектируемое жилое здание. Число этажей - 16.

Основные конструкции:

Наружные стены - двухслойные панели, ограждающий слой - керамзитобетон, толщиной 0,30 м; несущей слой - тяжелый бетон, толщиной 0,10 м.

Стены лестничных клеток - кирпичные, толщиной 0,51 м.

Плиты перекрытий - железобетонные, многопустотные, толщиной 0,16 м, защитный слой бетона до оси арматуры - 0,026м.

Колонны - железобетонные, сечением 0,4х0,4, расстояние до оси арматуры 45 мм.

Балки - железобетонные, шириной 0,16 м, толщина защитного слоя до оси арматуры 0,035 м.

Алгоритм решения задачи

1 .Определяем требуемую степень огнестойкости проектируемого здания.

Согласно п. 1.11 СНиП 2.08.01-89* "Жилые здания" принимаем D_{fr}^{mp} .

2,Определяем значения требуемых пределов огнестойкости основных конструкций здания:

Согласно табл.4* СНиП 21-01-97* "Пожарная безопасность зданий и сооружений", для D_{fr}^{mp} , составим таблицу

Требуемая степень огнестойкости здания $D_{fr}^{p_r}$	Требуемые пределы огнестойкости τ_{fr}^{mp} конструкций			
	Несущие элементы	Наружные несущие стены	перекрытия	Стены лестничных клеток
1				

3. Определяем значения фактических пределов огнестойкости основных конструкций здания.

3.1 .Стены наружные .

3.2. Стены лестничных клеток:

3.3. Плиты перекрытий:

3.4. Колонны

3.5.Балки железобетонные

4. Проверяем соответствие запроектированных конструкций здания требованиям СНиП по показателю их огнестойкости (заполнить табл.):

Наименование конструкций здания	Требуется по СНиП τ_{fr}^{mp}	Принято по проекту τ_f^{ϕ}	Соответствие требованиям норм
Стены наружные			
Стены лестничных клеток			
Плиты перекрытий			
Колонны			
Балки			

5. Разработка мер по повышению огнестойкости конструкций, огнестойкость которых не удовлетворяет требованиям норм.

5.1 .Повышение огнестойкости железобетонных плит перекрытий - увеличиваем толщину защитного слоя бетона

5.2.Повышение предела огнестойкости железобетонных балок - чтобы увеличить предел огнестойкости железобетонных балок до R 120, необходимо

Проверяем соответствие требованиям СНиП по показателю огнестойкости конструкции, для которых разрабатывались меры по повышению огнестойкости (см.табл.):

Наименование конструкции	Требуется по нормам τ_{fr}^{mp}	Принято по проекту τ_f^{ϕ}	Соответствие требованиям норм
Плиты перекрытий			
Балки			

Практическое занятие 7

Расчет предела огнестойкости деревянных конструкций

1. Теоретическая часть

В общем случае для расчета предела огнестойкости деревянных конструкций необходимо решение двух задач: теплотехнической и прочностной.

Решение теплотехнической задачи огнестойкости, применительно к деревянным конструкциям, заключается:

- а) в определении времени τ_f - от начала теплового воздействия пожара до воспламенения древесины конструкции;
- б) в определении изменения рабочего сечения деревянной конструкции после воспламенения древесины при пожаре, за счет процесса ее обугливания.

Решение прочностной задачи огнестойкости, применительно к деревянным конструкциям заключается:

- а) в определении изменения соответствующих напряжений в расчетных сечениях конструкций от нормативных нагрузок в зависимости от изменения рабочих сечений деревянной конструкции за счет обугливания древесины после ее воспламенения при пожаре;
- б) в проверке условий прочности деревянной конструкции на воздействие соответствующих нормативных нагрузок, с учетом изменения напряжений от этих нормативных нагрузок в зависимости от времени горения древесины; и определения времени τ_r - от начала воспламенения древесины до утраты конструкцией несущей способности.

Предел огнестойкости несущих деревянных конструкций| определяется выражением:

$$\tau_{fr}(R) = \tau_f + \tau_r(1)$$

Приведенные ниже методы расчета пределов огнестойкости несущих деревянных конструкций относятся к случаю воздействия стандартного режима пожара и не распространяются на элементы каркаса панелей ограждений, выполненных из древесины; на конструкции, несущими элементами которых являются фанера, древесно-волоконистые и древесно-стружечные плиты.

Рекомендуемый метод расчета несущих деревянных конструкций на огнестойкость основан на следующих допущениях:

- обугливание древесины конструкции, после ее воспламенения при пожаре, происходит с постоянной скоростью;
- свойства древесины необуглившейся (рабочей) части сечения конструкции одинаковы по всей его площади.

Решение теплотехнической задачи огнестойкости для деревянных конструкций

Время от начала теплового воздействия пожара на деревянную конструкцию до начала воспламенения древесины τ_r , определяется по табл.1 в зависимости от способа огнезащиты конструкции.

Способ огнезащиты	Время до воспламенения древесины τ_r , мин
Без огнезащиты и при пропитке антипиренами	4
Штукатурка гипсовая, $\delta=10-12$ мм	30
Штукатурка цементная по металлической сетке, $\delta=10-15$ мм	30
Полужесткая минераловатная плита, $\delta=70$ мм	35
Асбестоцементноперлитовый плоский лист, $\delta=10-12$ мм	20
Асбестоцементный пресованный плоский лист, $\delta=10-12$ мм	15
Вспучивающиеся покрытия:	
а) ВПД (4 слоя)	8
б) ОФП-9 (2 слоя)	8

Изменение рабочего сечения деревянных конструкций за счет обугливания древесины, после ее воспламенения при пожаре, определяется в зависимости от скорости обугливания древесины при воздействии стандартного пожара. Значения скорости обугливания древесины V , в зависимости от размеров сечения конструкции, клееной или цельной древесины, следует принимать по табл.2.

Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетные сопротивления для сортов древесины, МПа (кг/см ²)		
		1	2	3
Изгиб	R_{fm}	29(290)	26(260)	18(180)
Сжатие и смятие вдоль волокон	R_{fc}	26(260)	23(230)	16(160)
Растяжение вдоль волокон	R_{ft}	20(200)	15(150)	-
Растяжение поперек волокон	R_{ftt}	1,1(11)	1,1(11)	-
Скалывание вдоль волокон цельной древесины	R_{lqs}	3,7(37)	3,2(32)	2,9(29)
Скалывание вдоль волокон клееной древесины	R_{fq}	1,3(13)	1,2(12)	1,1(11)

При расчете изменения рабочего сечения деревянных конструкций при пожаре следует учитывать схему воздействия пожара на рассматриваемую конструкцию:

- одностороннее воздействие пожара (междуэтажные деревянные перекрытия);
- трехстороннее воздействие пожара (деревянные балки, деревянные стойки, примыкающие к стенам);
- четырехстороннее воздействие пожара (деревянные колонны, стойки и т.п.).

Решение прочностной задачи огнестойкости для деревянных конструкций

1. Расчетные сопротивления различных сортов древесины для различных напряженных состояний деревянных конструкций, используемые для решения прочностной задачи огнестойкости, приведены в табл.3.

Наименьшая сторона сечения элемента, мм	Скорость обугливания древесины, V мм/мин	
	клееной	цельной
≥120	0,6	0,8
<120	0,7	1,0

2.Изменение напряжений растяжения $\sigma_{ft}(\tau)$ центрально растянутых элементов, в зависимости от времени их горения при пожаре t , следует определять из выражения:

$$\sigma_{fr}(\tau) = \frac{N_H}{A_n(\tau)} \quad (2)$$

где: N_H - продольная сила от нормативных нагрузок, Н;

$A_n(\tau)$ - площадь поперечного сечения элемента, нетто, в зависимости от времени горения при пожаре t , м².

Время τ_r - от начала воспламенения элемента при пожаре до утраты им несущей способности определяется из условия:

$$\text{если: } \sigma_{fr}(\tau) \geq R_{ft}, \text{ то } \tau = \tau_r \quad (3)$$

Изменение напряжений сжатия $\sigma_{fc}(\tau)$ центрально сжатых элементов, в зависимости от времени их горения при пожаре t , следует определять:

а) по прочности из условия:

$$\sigma_{fc}(\tau) = \frac{N_H}{A_n(\tau)} \quad (4)$$

б) по устойчивости из условия:

$$\sigma_{fc}(\tau) = \frac{N_H}{\varphi(\tau) \cdot A_d(\tau)} \quad (5)$$

где: $\varphi(\tau)$ - коэффициент продольного изгиба, определяемый с учетом изменения рабочего сечения элемента в моменты времени t его горения и в соответствии с положениями СНиП «Деревянные конструкции»;

$A_d(\tau)$ - расчетная площадь поперечного сечения элемента, с учетом его обугливания, принимаемая в соответствии с п.4.2 СНиП "Деревянные конструкции".

Время τ_r - от начала воспламенения элемента при пожаре до утраты им несущей способности, определяется из условия:

$$\text{если: } \sigma_{fc}(\tau) \geq R_{fc}, \text{ то } \tau = \tau_r \quad (6)$$

Изменение изгибающих напряжений $\sigma_{fm}(\tau)$ и скалывающих напряжений σ_{fq} изгибаемых элементов, в зависимости от времени t их горения при пожаре, определяются из выражений:

$$\sigma_{fm}(\tau) = \frac{M_H}{W_n(\tau)} \quad (7)$$

$$\sigma_{fq}(\tau) = \frac{Q_H \cdot S_b(\tau)}{J_b(\tau) \cdot b(\tau)} \quad (8)$$

где: M_H - изгибающий момент в расчетном сечении от нормативных нагрузок, кН*м;

$W_n(\tau)$ - момент сопротивления рабочего сечения элемента, нетто, в зависимости от времени при пожаре, м³;

Q_H - поперечная сила в расчетном сечении от нормативных нагрузок, кН;

$S_b(\tau)$ - статический момент, брутто, в зависимости от времени τ горения расчетного сечения при пожаре, м³;

$J_H(\tau)$ - момент инерции расчетного сечения, брутто, в зависимости от времени τ горения расчетного сечения при пожаре, м⁴;

$b(\tau)$ - ширина элемента, в зависимости от времени τ его горения при пожаре, м.

Для элементов прямоугольного сечения значения $\sigma_{fq}(\tau)$ можно определять из выражения:

$$\sigma_{fq}(\tau) = \frac{15Q_H}{A_b(\tau)} \quad (9)$$

Время τ_r - от начала воспламенения древесины элемента при пожаре до утраты им несущей способности определяется из условий:

а) прочности на изгиб
если $\sigma_{fm}(\tau) \geq R_{fm}$, то $\tau = \tau_r$ (10)

б) прочности на скалывание
если $\sigma_{fq}(\tau) \geq R_{fq}$, то $\tau = \tau_r$ (11)

Вопросы и задания

Рассчитать значения фактического предела огнестойкости сжатого элемента из условия прочности.

Дано:

Деревянная стойка из цельной древесины. Материал стойки - сосна второго сорта. Сечение $b \times h = 0,18 \times 0,20$ м. Влажность древесины $> 9\%$. Нагрузка на стойку $N_H = 500 \text{ кН}$. Варианты огнезащиты:

- а) без огнезащиты;
- б) огнезащита слоем штукатурки ($\sigma = 15 \text{ мм}$);
- в) огнезащита вспучивающимся покрытием ВПД (2 слоя).

Алгоритм решения задачи

1. Определяем время $x_{\text{от}}$ начала теплового воздействия пожара на стойку до воспламенения древесины.

Согласно табл.1,

2. Определяем скорость обугливания древесины стойки при горении.

Согласно табл.2,

3. Определяем расчетное сопротивление древесины стойки сжатию.

Согласно табл.3.

4. Определяем напряжения сжатия $\sigma_{fc}(\tau)$ в стойке от заданной нормативной сжимающей нагрузки N_H , в различные моменты времени воздействия пожара t , после воспламенения древесины ($\tau > \tau_f$).

4.1. Задаемся несколькими последовательными моментами времени горения древесины стойки при пожаре

$\tau = 20; 30; 40$ мин.

4.2. Определяем для выбранных моментов времени t -горения древесины стойки при пожаре размеры сечения стойки $b(\tau)$ и $h(\tau)$, площадь поперечного сечения стойки $A_n(\tau) = b(\tau) \times h(\tau)$; напряжения сжатия в стойке $\sigma_{fc}(x)$ (по ф-ле (4)), в зависимости от скорости обугливания древесины при пожаре (заполняем таблицу.):

Время горения балки при пожаре - τ , мин	$h(\tau)$, м	$b(\tau)$, м	$A_n(\tau)$, м^2	$\sigma_{fc}(\tau)$, МПа
0				
20				
30				
40				

5.2. Откладываем на оси координат полученного графика $\sigma_{fc}(\tau)$, значение сопротивления древесины стойки на сжатие R_{fc} и проводим из этой точки горизонтальную линию.

5.3. Определяем время τ_t - от начала воспламенения рассматриваемой стойки при пожаре до утраты ею несущей способности по ф-ле (3).

6. Определяем искомое значение фактического предела огнестойкости τ_{ft} рассматриваемой стойки по признаку утраты прочности, с учетом заданных вариантов огнезащиты стойки. Согласно ф-лы (1)

Практическое занятие 8

Расчет пределов огнестойкости металлических конструкций

1. Теоретическая часть

Предел огнестойкости металлических конструкций может быть определен путём расчёта для двух предельных состояний:

- 1) R – потере несущей способности,
- 2) I – потере теплоизолирующей способности.

В общем случае для расчёта предела огнестойкости металлических конструкций необходимо решение 2-х задач:

- 1) теплотехнический – расчёт температуры прогрева сечений металлических конструкций при воздействии «стандартного» пожара;
- 2) прочностной – расчёт несущей способности металлических конструкций при воздействии «стандартного пожара»

Расчёт несущей способности металлических конструкций сводится к определению критической температуры нагрева металлического элемента при пожаре T_m^{cr} при которой несущая способность элемента снизится до величины действующих на него усилий.

Расчёт температуры прогрева сечений металлических конструкций при воздействии «стандартного» пожара

1. Вследствие высокой теплопроводности металла температуру металлических конструкций принимают равномерно распределённой по сечению металла.

2. Скорость прогрева металлических элементов конструкции при воздействии пожара зависит от приведённой толщины металла конструкции δ_{red} и от толщины и теплофизических свойств огнезащиты (если она имеется)

3. Приведённую толщину металла конструкций, не имеющих огнезащиты, определяют по формуле

$\delta_{red} = \frac{A}{U}$	1
------------------------------	---

где A – площадь сечения металлического элемента, мм²

U – обогреваемая часть периметра сечения, мм²

4. Формулы для определения приведённой толщины металла конструкций для различных геометрических форм их сечений приведены на рисунке 1

5. Изменение температуры нагрева T_m элементов стальных конструкций, не имеющих огнезащиты, в зависимости от приведенной толщины металла δ_{red} и времени воздействия «стандартного» пожара приведены на рисунке 2

6. При решении теплотехнических задач огнестойкости для металлических конструкций с огнезащитой, приведенная толщина металла определяется с учетом теплофизических свойств и толщины защитного слоя по следующим формулам

Для прямоугольного пустотелого сечения

$\delta_{red} = \frac{ma + nb}{a + b}$	2
--	---

$m = \frac{\delta_{nb}(a - \delta_{na})}{a - \delta_r} - 0.25 \frac{c_r \rho_r}{c_x \rho_x} \cdot \frac{\delta_r^2}{(a + \delta_r)}$	3
--	---

$n = \frac{\delta_{xa}(b - \delta_{xa})}{a - \delta_r} - 0.25 \frac{c_r \rho_r}{c_x \rho_x} \cdot \frac{\delta_r^2}{(b + \delta_r)}$	4
--	---

a, b – размеры сторон сечения по стали, мм

δ_{na} – толщина стенки сечения длиной a , мм

δ_{nb} – толщина стенки длиной b , мм

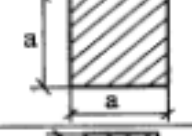
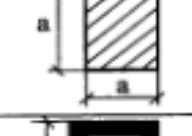
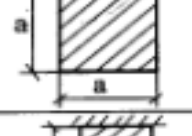
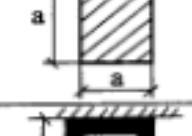
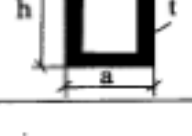
Вид сечения	Формула для определения приведенной толщины металла, δ_{red} мм	Вид сечения	Формула для определения приведенной толщины металла, δ_{red} мм
	A/U		$\frac{t(2d - t)}{4d}$
	A/U		$A/(U-a)$
	$0,25a$		$A/(U-a)$
	$0,5ah/(a+h)$		$0,33a$
	$t(a+h-2t)/(a+h)$		$ah/(a+2h)$
	$0,25d$		$2t(a+h-2t)/(a+2)$

Рисунок 1 – Формулы для определения приведённой толщины металла конструкций для различных геометрических форм их сечений

c_r – удельная теплоёмкость материала, кДЖ/кг·°С

c_x – удельная теплоёмкость огнезащиты, кДЖ/кг·°С

ρ_r – средняя плотность материала, кг/м³

ρ_x – средняя плотность огнезащиты, кг/м³

Для круглого кольцевого сечения

$$\delta_{red} = \delta_x \frac{(d - \delta_x)}{d - \delta_r} - 0.25 \frac{c_r \rho_r}{c_x \rho_x} \cdot \frac{\delta_r^2}{(d + \delta_r)}$$

5

d – наружный диаметр сечения, мм

δ_x – толщина стенки сечения, мм

Для круглого сплошного сечения

$$\delta_{red} = \frac{0.25(d^2 - \frac{c_r \rho_r}{c_x \rho_x})}{d + \delta_r}$$

6

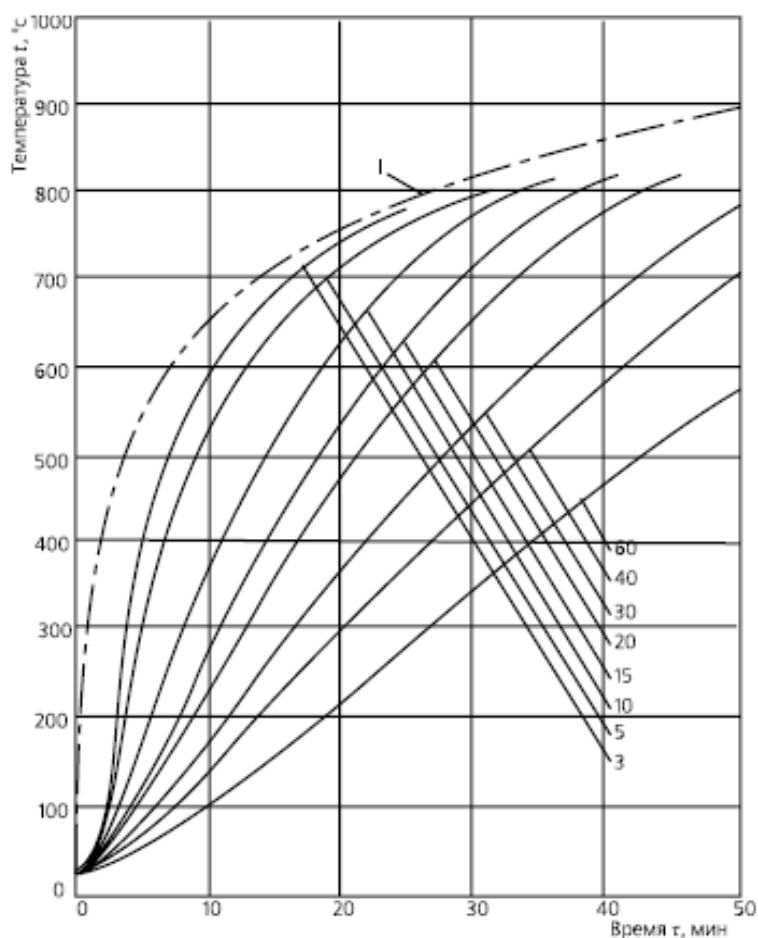


Рисунок 2 - Изменение температуры нагрева T_m элементов стальных конструкций, не имеющих огнезащиты, в зависимости от приведенной толщины металла δ_{red} и времени воздействия «стандартного» пожара

Для двутаврового сечения с облицовкой по контуру приведенная толщина полки равна

$$\delta_{red} = \frac{\delta_{sn}}{2}$$

7

δ_{sn} – толщина полки, мм

Для двутаврового сечения с облицовкой коробчатого сечения, приведенная толщина металла определяется как для стержня пустотелого сечения, в котором две стороны являются полками двутавра δ_{sn} , а две другие стороны принимаются равными половине толщины стенки. Удельная теплоёмкость и теплопроводность различных типов огнезащиты металлических конструкций приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Удельная теплоёмкость и теплопроводность различных типов огнезащиты металлических конструкций

№	Наименование материала	Плотность кг/м ³	Коэффициент теплопроводности	Удельная теплоемкость	Степень черноты
1	Гипсобетонные плиты	1300	$0.4+8 \cdot 10^{-5}T$	$0.94+6 \cdot 10^{-4}T$	0.9
2	Гипсокартонные плиты	900	$0.23+3.5 \cdot 10^{-4}T$	$1.0+6 \cdot 10^{-4}T$	0.9
3	Асбестоцементные листы	1800	$0.31+8 \cdot 10^{-5}T$	$0.84+6.3 \cdot 10^{-4}T$	0.96
4	Минераловатные листы	120	$0.5+5.8 \cdot 10^{-4}T$	$0.75+6.3 \cdot 10^{-4}T$	0.96
5	Листы из алюминиевого сплава	2700	-	$0.9+3.5 \cdot 10^{-3}T$	0.28
6	Сталь углеродистая обыкновенного качества	7800	$48-3.65 \cdot 10^{-2}T$	$0.44+4.8 \cdot 10^{-4}T$	0.74
7	Цементно-песчаная штукатурка	1930	$0.62+3.3 \cdot 10^{-4}T$	$0.77+6.3 \cdot 10^{-4}T$	0.867
8	Кирпич глиняный обыкновенный	1580	$0.34+1.7 \cdot 10^{-4}T$	$0.71+4.2 \cdot 10^{-4}T$	0.94
9	Покрывание по стали фосфатное огнезащитное	200	$0.026+1.6 \cdot 10^{-4}T$	$1.25+6.3 \cdot 10^{-4}T$	0.92

Расчет несущей способности металлических конструкций при воздействии «стандартного» пожара

Предел огнестойкости статически определимых конструкций определяется максимальным пределом огнестойкости их элементов. Решение прочностной задачи огнестойкости металлических конструкций сводится к определению момента времени воздействия пожара τ , при котором несущая способность конструкции снизится до величины, действующей на неё нагрузки (определение предела огнестойкости конструкции по признаку R).

Расчетные сопротивления металла при расчете конструкций на огнестойкость определяют по формуле

$R_{tem} = R_n \gamma_{tem}$	8
------------------------------	---

Где R_n – нормативное сопротивление конструкционных прокатных сталей по пределу текучести при начальной температуре 20°C, Па

γ_{tem} – коэффициент, учитывающий изменение прочности стали при нагреве (табл.2)

Таблица 2 – Значения коэффициента γ_{tem} в зависимости от температуры

T, °C	γ_{tem}	T, °C	γ_{tem}
20	1.0	400	0.70
100	0.99	450	0.65
150	0.93	500	0.58
200	0.85	550	0.45
250	0.81	600	0.34
300	0.77	650	0.22
350	0.74	700	0.11

Предельное состояние из условия прочности металлических конструкций и их элементов, находящихся в условиях пожара, наступает в результате снижения прочности стали R_{tem} до величины рабочих напряжений σ_n от действия нормативных нагрузок. Значение коэффициента γ_{tem} в момент наступления предельного состояния равно

$\gamma_{tem} = \frac{\sigma_n}{R_n}$	9
---------------------------------------	---

В зависимости от характера работы стальных элементов коэффициент γ_{tem} может быть определен по следующим формулам:

А) для центрально-растянутых и центрально-сжатых стальных элементов (из условия прочности)

$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{A_n R_n}$	10
--------------------------------------	----

N_n – усилие растяжения или сжатия от действия нормативных нагрузок

A_n – площадь расчётного сечения нетто

Б) для стальных элементов, работающих на поперечный изгиб в одной из главных плоскостей (X или Y)

$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{c \cdot W_n R_n}$	11
--	----

M_n – изгибающий момент в расчётном сечении от действия нормативных нагрузок

W_n – момент сопротивления расчётного сечения нетто при наличии ослаблений или брутто, при их отсутствии $W_n = W$

γ (γ_x) – коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций в расчётном сечении. Его можно принять: для двутавра и швеллера – 1.12; для трубы – 1.26; для квадратного сечения – 1.5; для таврового сечения из листов или 2 уголков – 1.6.

$$M_n = \frac{q_n \cdot l}{8}$$

Где q_n – нормативная нагрузка на балку. кН/м

l – длина пролёта балки, м

в) при работе стального элемента на изгиб в двух плоскостях X и Y

$\gamma_{tem} = \frac{1}{R_n} \left(\frac{M_{nx}}{W_n \cdot \gamma_x} + \frac{M_{ny}}{W_{ny} \cdot \gamma_y} \right)$	12
--	----

M_{nx} , M_{ny} – изгибающие моменты в расчётном сечении от действия нормативных нагрузок вдоль осей X и Y

W_{nx} , W_{ny} – моменты сопротивления расчётного сечения нетто относительно осей X и Y

γ_y – коэффициенты, учитывающие развитие пластических деформаций: для двутавра и швеллера – 1.47; для трубы – 1.26; для квадратного сечения – 1.5; для таврового сечения из листов или 2 уголков – 1.47.

г) для внецентренно-растянутых или внецентренно-сжатых стальных элементов

$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{R_n} \left(\frac{e_0}{W_n} + \frac{1}{A_n} \right)$	13
---	----

N_n – усилие растяжения или сжатия в расчётном сечении от действия нормативных нагрузок, Н

e_0 – эксцентриситет приложения усилия N_n

W_n – момент сопротивления расчётного сопротивления расчётного сечения нетто

A_n – площадь расчётного сечения нетто

д) *Центрально сжатые* и внецентренно-сжатые стальные элементы могут потерять несущую способность при нагреве в результате потере их устойчивости. Потеря устойчивости наступает за счёт:

- снижения модуля упругости,
- роста деформаций температурной ползучести металла,
- температурного расширения металла.

Значение коэффициента условий работы при пожаре для центрально-сжатых элементов определяется из условия:

$\gamma_{tem} = \frac{N_n}{\varphi_t A_b R_n}$	14
--	----

Где φ_t – коэффициент продольного прогиба, зависящий от гибкости λ и температуры нагрева элемента T

A_b – площадь поперечного сечения элемента, брутто, м²

При $\lambda \geq \lambda_{lim}$ $\varphi_T = 0.7 / \left(\frac{\lambda}{\lambda_{lim}}\right)^2$	15
При $\lambda < \lambda_{lim}$ $\varphi_T = 1 - 0.3 / \left(\frac{\lambda}{\lambda_{lim}}\right)^2$	16

Где λ – гибкость элемента, определяемая по указаниям СНИП «Металлические конструкции»

λ_{lim} – предельная гибкость, вычисляемая по формуле

$\lambda_{lim} = \pi \sqrt{\frac{E_{red}}{0.7 \gamma_{mT} R_n}}$	17
--	----

E_{red} – коэффициент, характеризующий деформацию стали при нагреве до температуры T и определяемый по формуле

$$E_{red} = \frac{R_n E}{R_n + E \cdot K(T - 20)^2}$$

18

Где E – модуль упругости стали ($2.1 \cdot 10^5$ МПа)

$K = 4 \cdot 10^{-9}$ для элементов, не имеющих огнезащиты, $6 \cdot 10^{-9}$ для элементов, имеющих огнезащиту

Для наиболее часто используемых в строительстве марок стали с нормативным пределом текучести 230 и 330 МПа, критическая температура прогрева может быть определена по графикам, в зависимости от гибкости и величины действующих напряжений

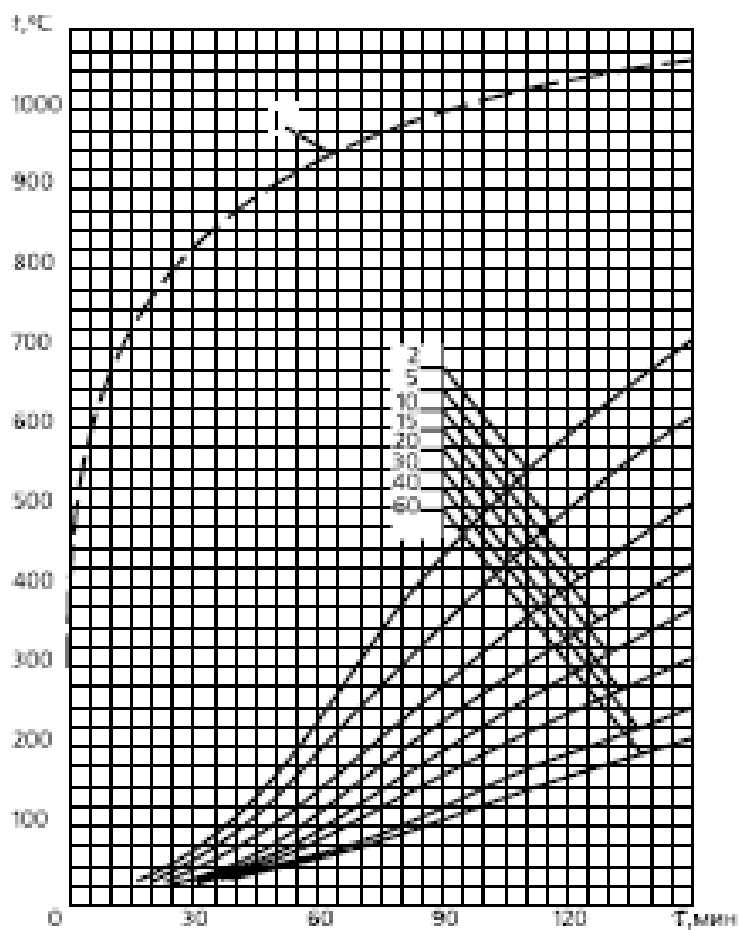


Рисунок 3 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из красного кирпича толщиной 65 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

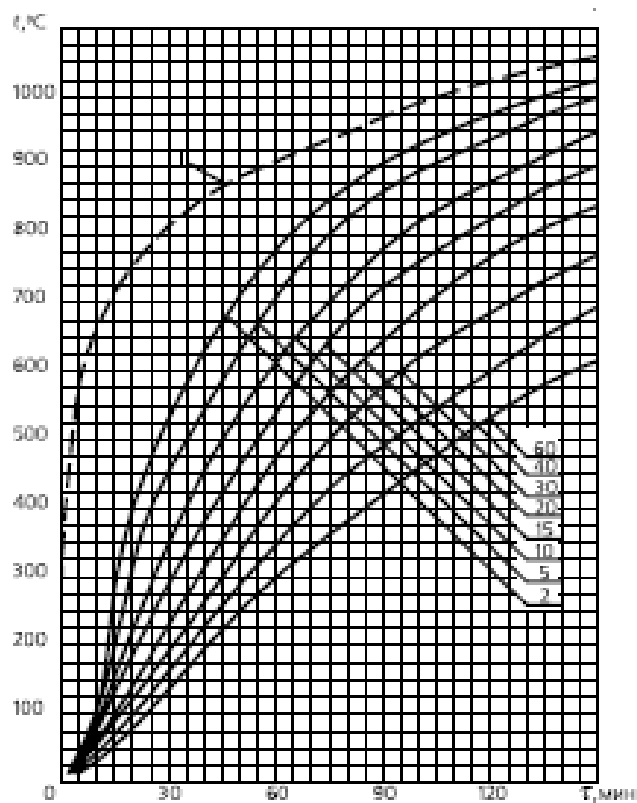


Рисунок 4 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из бетона на известняковом щебне толщиной 20 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

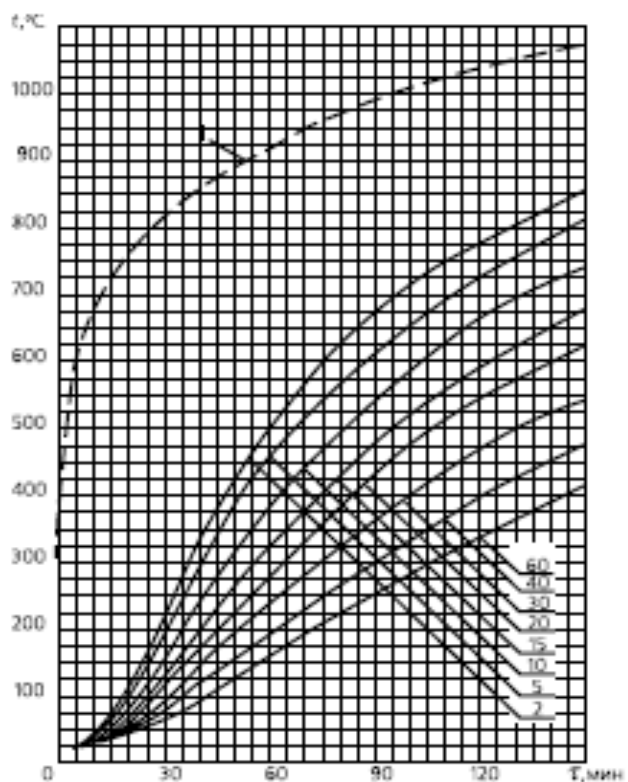


Рисунок 5 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из бетона на известняковом щебне толщиной 40 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

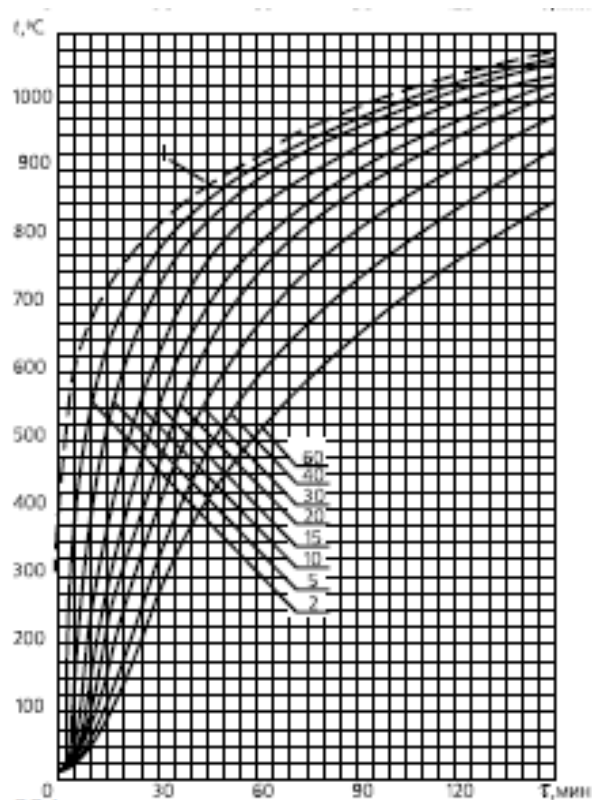


Рисунок 5 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из цементно-песчаной штукатурки толщиной 5 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

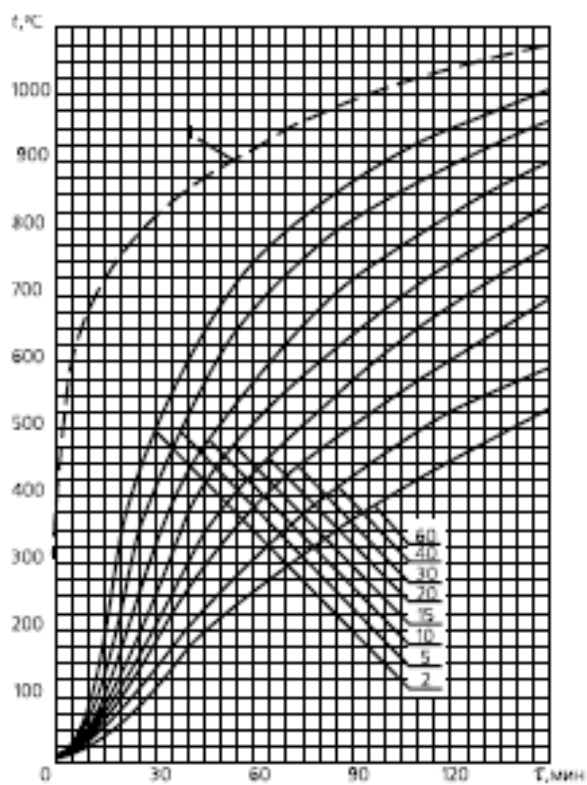


Рисунок 6 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из цементно-песчаной штукатурки толщиной 20 мм от времени нагрева по режиму

«стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

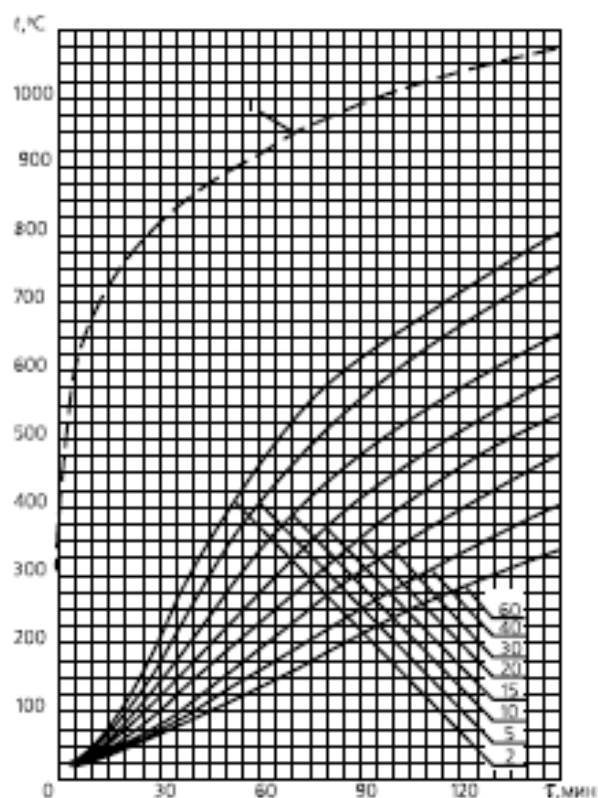


Рисунок 7 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из цементно-песчаной штукатурки толщиной 40 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

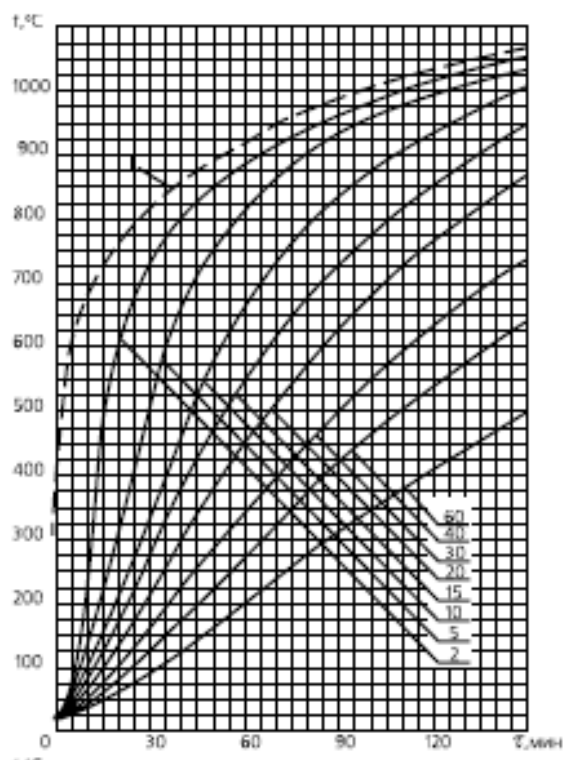


Рисунок 8 – Зависимость температуры стальной пластины с облицованной фосфатным огнезащитным покрытием толщиной 10 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

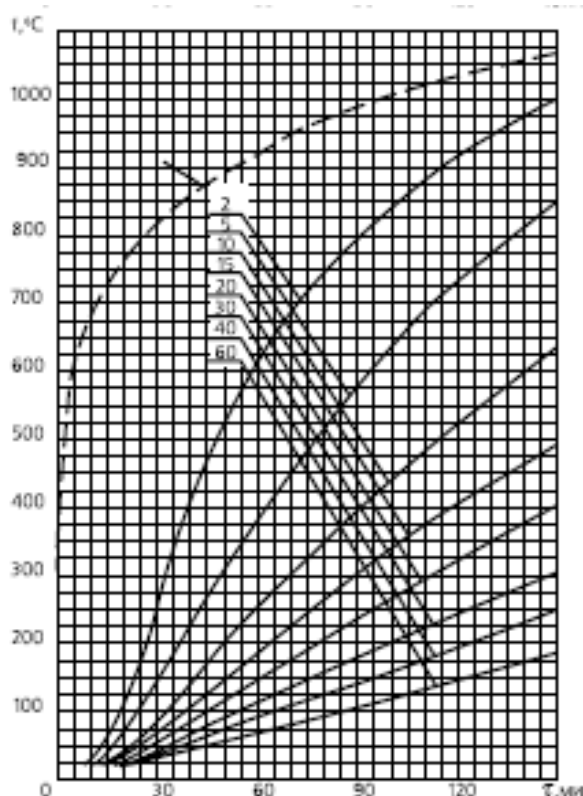


Рисунок 9 – Зависимость температуры стальной пластины с облицованной фосфатным огнезащитным покрытием толщиной 40 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

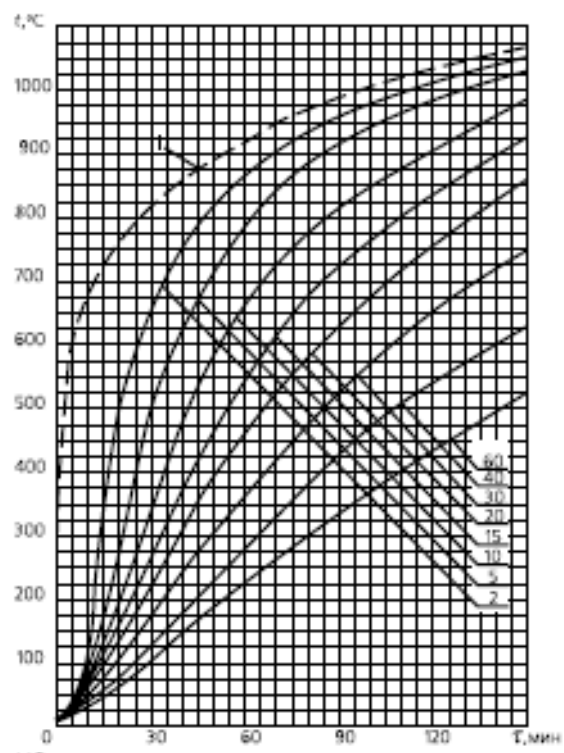


Рисунок 10 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из сухой гипсовой штукатурки толщиной 16 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

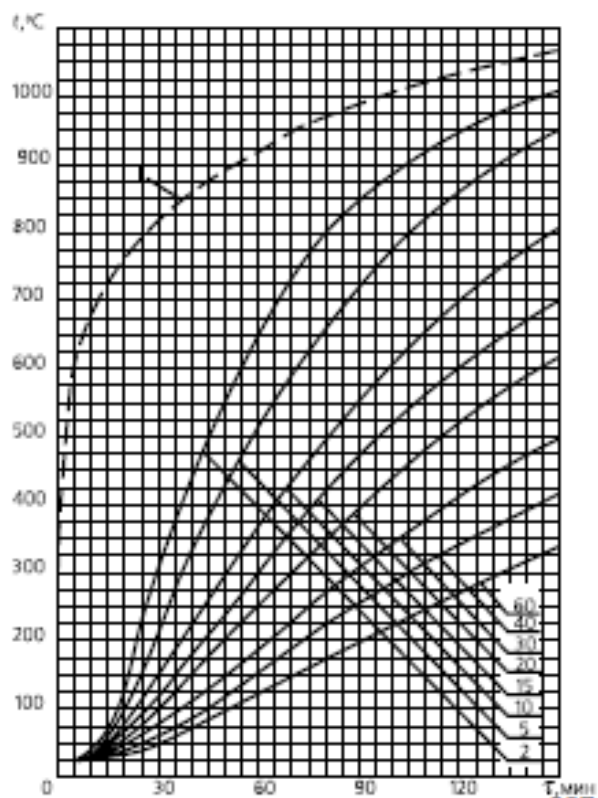


Рисунок 11 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой из сухой гипсовой штукатурки толщиной 32 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

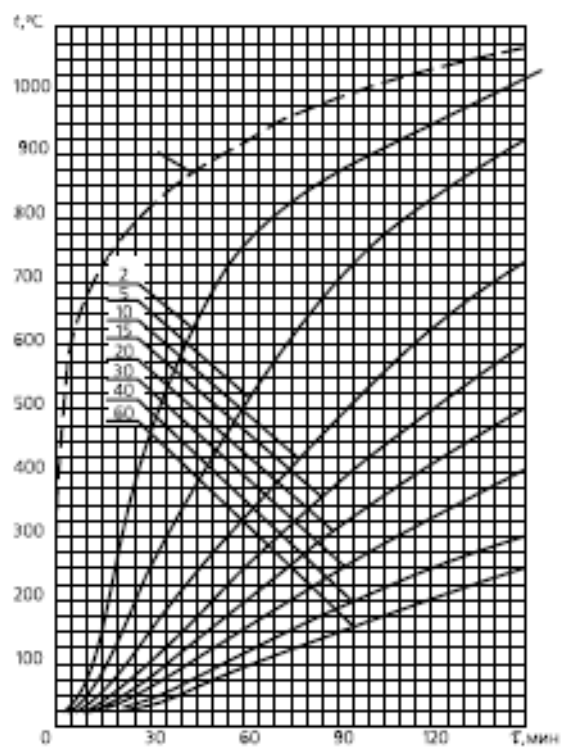


Рисунок 12 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой минераловатными плитами на синтетическом связующем толщиной 50 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

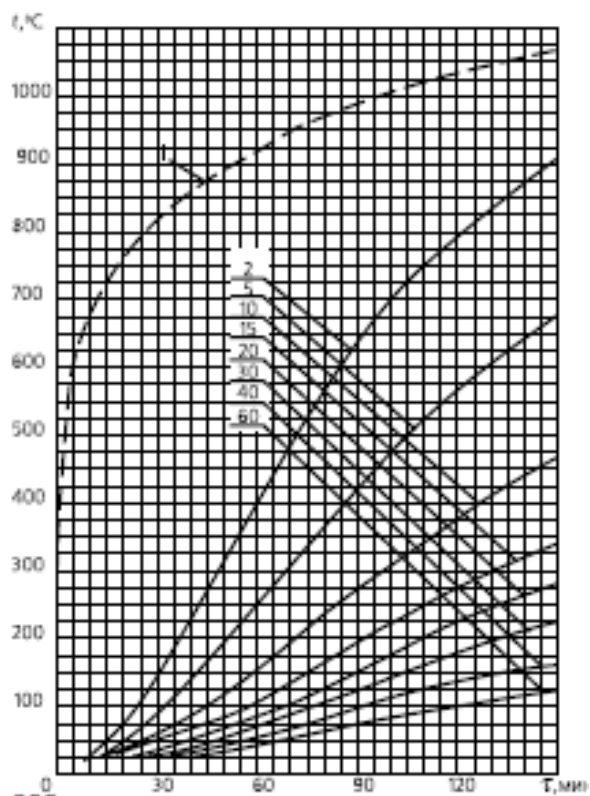


Рисунок 13 – Зависимость температуры стальной пластины с облицовкой минераловатными плитами на синтетическом связующем толщиной 100 мм от времени нагрева по режиму «стандартного» пожара (кривая 1). Цифры у кривых соответствуют приведенной толщине металла

Выбор конкретного типа огнезащитного состава и материала производится на основании технико-экономического анализа с учетом:

- величины требуемого предела огнестойкости конструкции
- типа защищаемой конструкции
- вида нагрузки
- температурно-влажностных условий эксплуатации производства монтажных работ
- степени агрессивности ОС к огнезащите и материалу конструкции
- увеличения нагрузки на конструкцию за счет массы огнезащиты
- трудоемкости монтажа огнезащиты
- эстетических требований к конструкции
- технико-экономических показателей.

Наиболее надежными способами огнезащиты являются: облицовки из негорючих материалов, огнезащитные покрытия, подвесные потолки.

Обетонирование – огнезащита конструкции при помощи бетона. Проводится одновременно с усилением ригелей, колонн или стоек. Если требуется предел огнестойкости 2 ч – 5 см, 2.5 ч – 6 см

Облицовка из кирпича применяется для повышения предела огнестойкости колонн и стоек. Выполняется из глиняного или силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе марки не ниже 50. Кладку выполняют с однорядной перевязкой швов и армируют проволокой до 8 мм. Из-за разного расширения стали и кирпича между ними необходимо оставлять небольшое пространство. Толщина облицовка 6.5 см - 2 ч

Облицовка из теплоизоляционных плит на основе перлита, вермикулита, цемента, асбестоперлитцементных и полужестких минераловатных плит. Толщина 5 см – огнестойкость 2 ч.

Облицовка гипсокартонными листами применяется в многоэтажных домах со стальным несущим каркасом. 16 мм листа – 1 ч огнестойкости

Штукатурка (песчанно-цементная) рекомендуется для защиты колонн, ригели, элементы связей, узлы сопряжения между элементами (большая трудоемкость, утяжеление каркаса, необходимость применения антикоррозийных составов. Новыми являются штукатурки на основе асбеста, перлита, вермикулита, фосфатных соединений – у них малая плотность и поэтому низкая теплопроводность, не выделяют дыма

Огнезащитные покрытия

- вспучивающиеся – композиционные материалы состоящие из полимерного вяжущего и наполнителя (антипирены, газообразователи, стабилизаторы вспененного угольного слоя): ОЗС-МВ (на основе жидкого стекла)

- не вспучивающиеся – ОПФ МВ (на основе минеральной ваты), ОПВ-180 – облегченное покрытие

Огнестойкие подвесные потолки (гипсобетонные плиты 14 мм, утяжеленные и облегченные гипсокартонные перфорированные плиты 30 мм с заполнением минеральной ватой и наклейкой алюминиевой фольги, минераловатные плиты) обеспечивают огнестойкость 0.75-2.5 ч

Вопросы и задания

Задача 1. Выполнить расчёт фактического предела огнестойкости металлической балки.

Дано:

Металлическая шарнирно опертая балка пролетом (l) = 6 м

Сечение – двутавр

Площадь сечения (A) = 6190 мм²

Высота сечения h = 360 мм

Ширина полки (b_r) – 145 мм

Толщина стенки (δ) = 7.5 мм

$$W_n - 7.43 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Нормативное сопротивление стали (по пределу текучести) $R_n - 245 \text{ МПа}$

Нагрузка на балку – нормативная равномерно распределенная (q_n) – 15 кН/м

Решение:

1. Определить максимальный изгибающий момент в балке при нормативной нагрузке
2. Определить коэффициент условий работы при пожаре данной балки
3. Определить значение критической температуры нагруженной балки при пожаре (по таблице 2 на основании п. 3)
4. Определить значение приведенной толщины металла
5. По рис. 2 определить значение фактического предела огнестойкости рассматриваемой балки

Задача 2. *Определить фактический предел огнестойкости центрально-растянутого металлического элемента*

Дано:

Труба стальная 159x8 мм

Площадь сечения $A = 38.3 \text{ см}^2$

Нормативное сопротивление стали – 265 МПа

Нормативная нагрузка – 330 кН

Условия обогрева – по всему наружному периметру

Решение:

1. Определить значение коэффициента условий работы при пожаре заданного элемента
2. Определить по табл. 2 значение критической температуры нагрева элемента при пожаре
3. Определить значение приведенной толщины металла рассматриваемого элемента

4. По рис. 2 определить значение фактического предела огнестойкости рассматриваемого элемента

Задача 3 *Расчет фактического предела огнестойкости металлической колонны с огнезащитой*

Дано:

Колонна стальная, коробчатого сечения размером 200х200 мм

Толщина стенки – 10 мм

Огнезащита – облицовка слоем цементно-песчаной штукатурки 20 мм

Критическая температура нагрева - 500°C

Решение:

1. Определяем значение коэффициента удельной теплоемкости облицовки и стали (табл.1)
2. Определяем приведенную толщину металла δ_{red} с учетом огнезащиты
3. Определяем фактическое значение огнестойкости с учетом огнезащиты (по рис)

Практическое занятие 9

Расчет огнестойкости металлической фермы

Цель: Знать классификацию и виды металлических конструкций, их поведение в условиях пожара. Уметь рассчитывать фактический предел огнестойкости металлических конструкций и элементов, работающих на растяжение, сжатие и изгиб. Иметь представление о способах огнезащиты металлических конструкций.

Теоретическая часть

В современной практике строительства металлические конструкции (стальные и алюминиевые) находят широкое применение. Это объясняется тем, что металл благодаря высокой прочности, надежности работы при

различных видах напряженного состояния и долговечности, способен принимать значительные нагрузки. Металлические конструкции (МК) являются индустриальными, т.е. изготавливаются на специализированных заводах.

Высокая прочность, надежность, индустриальность в изготовлении МК с учетом принципов унификации и стандартизации их элементов, транспортабельность, небольшие сроки при монтаже, относительная легкость, по сравнению с железобетонными конструкциями, определяют экономичность использования МК в строительстве.

Кроме того, МК удобны в эксплуатации, так как легко ремонтируются и могут быть усилены во время проведения реконструкционных работ в случае увеличения эксплуатационных нагрузок. Однако МК обладают такими недостатками, как: подверженность действию коррозии (кроме алюминиевых сплавов), что требует специальных мероприятий по защите, а также малой огнестойкостью при температурах выше 400°С для сталей и выше 200°С для алюминиевых сплавов.

Наиболее широко в строительстве применяются стальные конструкции:

- одноэтажных, одно- или многопролетных производственных зданий;
- несущих каркасов высотных зданий;
- большепролетных зданий общественного назначения (выставочные павильоны, спортивные и зрелищные сооружения);
- зданий специального назначения (ангары, эллинги, авиасборочные цехи);
- сооружений башенного и мачтового типа (башни и мачты для радиосвязи и телевидения, буровые и нефтяные вышки и т.д.);
- пролетных строений мостов, путепроводов и эстакад;
- промышленных сооружений из листовых конструкций (резервуары, газгольдеры, доменные печи и т.д.).

Хотя металлические (стальные) конструкции выполнены из негорючего материала, фактический предел их огнестойкости в среднем составляет 15 мин. Это объясняется достаточно быстрым снижением прочностных и деформативных характеристик металла при повышенных температурах во время пожара, что обусловлено его высокой теплопроводностью.

Наступление предела огнестойкости металлических конструкций наступает в результате потери прочности или за счет потери устойчивости самих конструкций или их элементов. Тому и другому случаю соответствует определенная температура нагрева металла, называемая критической (t_{cr}).

Расчет огнестойкости включает в себя теплотехнический и статический расчет. Статическая задача имеет целью определение несущей способности конструкции с учетом изменения свойств металла при высоких температурах, т.е. определения критической температуры в момент наступления предельного состояния при пожаре. В результате решения теплотехнической задачи определяется время нагрева металла от начала действия пожара до достижения в расчетном сечении критической температуры, т.е. решение этой задачи позволяет определить фактический предел огнестойкости конструкции.

Как известно, металл обладает высоким коэффициентом температуропроводности, за счет чего выравнивание температуры по его толщине происходит весьма быстро. Это дает возможность принять равномерное распределение температуры.

$$\text{Формула } t_{cm,\Delta\tau} = t_{cm} + \frac{\alpha(t_g - t_{cm}) \cdot \Delta\tau}{c_{tem} \cdot \rho_{cm} \cdot t_{red}} \quad (1)$$

является алгоритмом для расчета температуры незащищенных металлических конструкций. Как следует из уравнения, температура конструкции в процессе нагрева зависит от приведенной толщины металла (обозн. t_{red}).

Приведенная толщина металла дает возможность привести стержни, имеющие любую конфигурацию поперечного сечения, к простой пластине. Значение приведенной толщины металла в общем случае определяется как отношение поперечного сечения к обогреваемому его периметру, т.е.

$$t_{red} = \frac{A}{U}, \quad (2)$$

где:

A – площадь поперечного сечения, м^2 ;

U – обогреваемый периметр, м.

Обогреваемый периметр определяется:

- для двутавра и швеллера при обогреве с четырех сторон (рис.1)

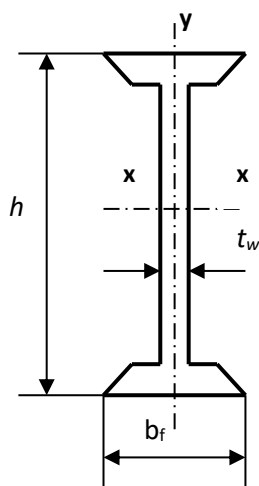
$$U = 2h + 4b_f - 2t_w, \quad (3)$$

где:

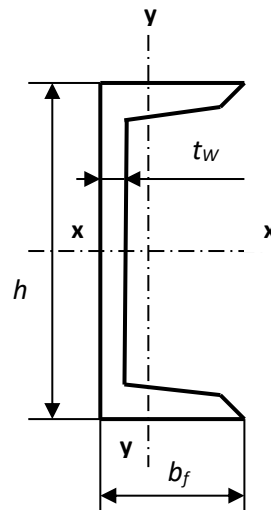
h – высота сечения элемента, м;

b_f – ширина сечения (полки), м;

t_w – толщина стенки, м.



а) Балка двутавровая



б) Швеллер

Рисунок 1 – Схема сечения двутавра и швеллера

- для уголка (рис.1.2)

$$U = 4b \quad (4)$$

где

b_f – ширина сечения (полки), м.

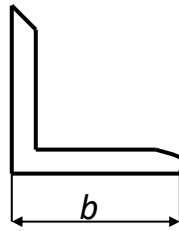


Рисунок 1.2 – Схема сечения уголка

Для трубы приведенную толщину металла рекомендуется вычислять по формуле:

$$t_{red} = \frac{t(2d - t)}{4d}, \quad (5)$$

где d и t – соответственно наружный диаметр и толщина стенки трубы по сортаменту (рис. 3).

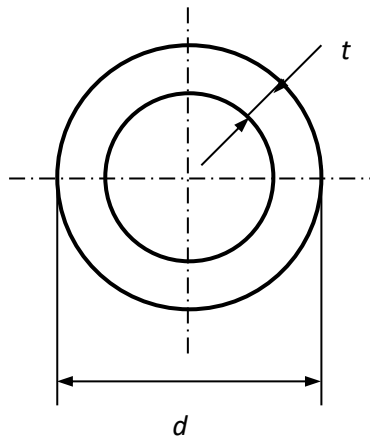


Рисунок 3 – Схема сечения трубы

Используя алгоритм расчета, можно составить номограмму (рис.4), с помощью которой можно определить температуру незащищенных конструкций любых сечений, т.е. решить теплотехническую задачу.

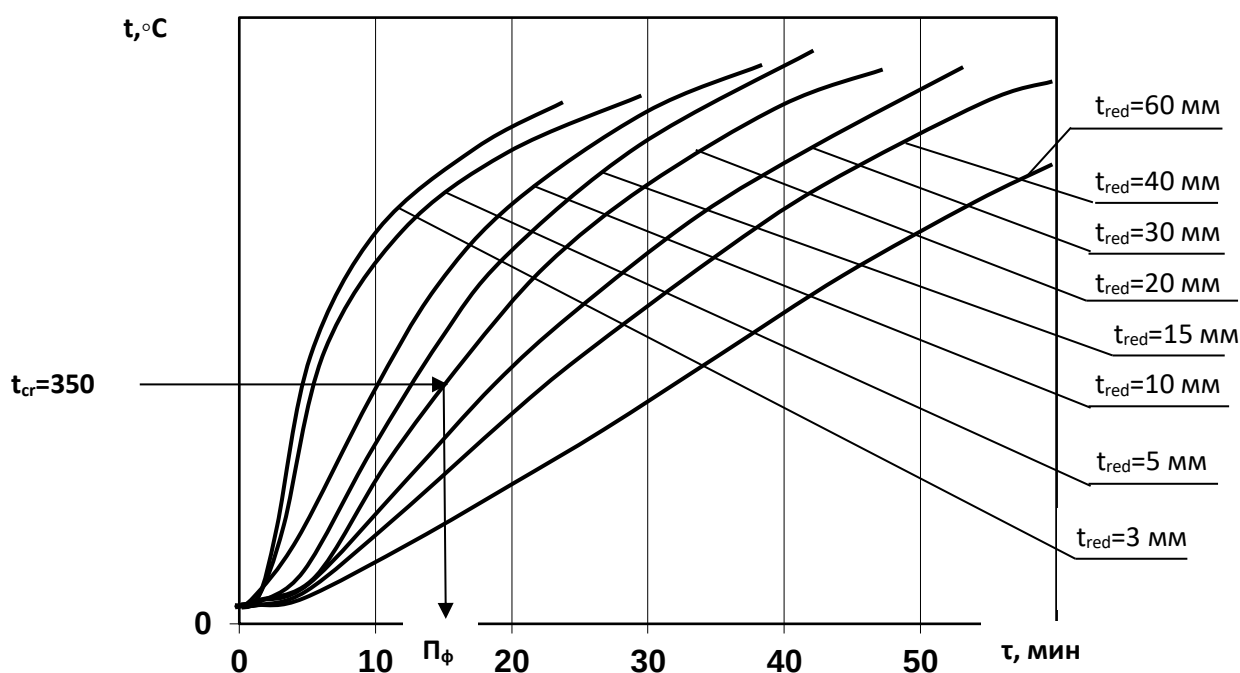


Рисунок 4 – График зависимости температуры незащищенных металлических пластин от времени прогрева и приведенной толщины металла

Металл обладает высокой теплопроводностью, что позволяет, расчет огнестойкости стальных конструкций выполнять не по времени снижения несущей способности до величины от нормативной нагрузки, а по времени прогрева конструкции до критической температуры (t_{cr}).

Расчет огнестойкости металлических конструкций целесообразно начинать со статической части, т.е. с определения критических температур. Далее производят теплотехнический расчет, в результате чего находят время нагрева конструкции до критической температуры, т.е. ее предел огнестойкости.

Критическую температуру определяют по экспериментальным данным о снижении коэффициента изменения предела текучести (обознач. γ_t или $\gamma_{y, t_{\text{cr}}}$). Данный коэффициент определяется в зависимости от напряженного состояния. Так, например, для элементов работающих на растяжение:

$$\gamma_t = \frac{N_n}{A \cdot R_{yn}}, \quad (6)$$

где:

N_n – усилие от нормативной нагрузки, кН;

A – площадь поперечного сечения, м²;

R_{yn} – нормативное сопротивление стали по пределу текучести, МПа [7].

$$N_n = \frac{N}{\gamma_f}, \quad (7)$$

где N – усилие от расчетной нагрузки, кН;

$\gamma_f = 1,2$ – коэффициент надежности по нагрузке [8].

Определив γ_t , можно определить t_{cr} либо графически (рис. 5), либо аналитически (формула 1.8).

Аналитически:

$$\left. \begin{aligned} t_{cr} &= 750 - 440\gamma_t, \text{ если } \gamma_t < 0,6 \\ t_{cr} &= 1330(1 - \gamma_t) \text{ если } \gamma_t \geq 0,6 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Графически:

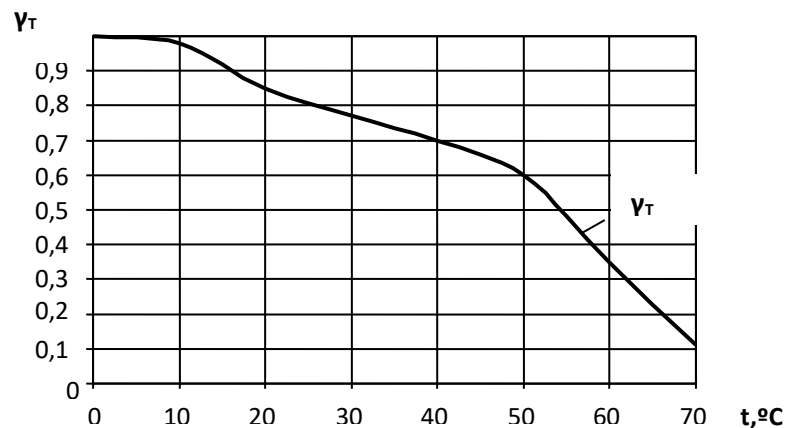


Рисунок 5 – Изменение коэффициента предела текучести от температуры

Определив критическую температуру, при которой наступает потеря несущей способности конструкции, а также, зная приведенную толщину металла, по номограмме (рис.1.4), можно вычислить время нагрева до наступления критической температуры, т.е. фактический предел огнестойкости.

Расчет огнестойкости металлической фермы

Поскольку фактический предел огнестойкости металлической фермы с учетом перераспределения усилий в элементах фермы при ее нагреве рассчитать трудно, то его принимают по минимальному времени достижения при пожаре критической температуры хотя бы одного из стержневых элементов (за исключением не несущих стоек и подвесок). При этом следует рассматривать лишь стержневые элементы заданного узла.

Для каждого из элементов фермы (заданного узла) следует вначале определить величину критической температуры (t_{cr}), т.е. решить статическую часть задачи, а затем определить время прогрева этих элементов до этой температуры, т.е. решить теплотехническую часть задачи по определению предела огнестойкости конструкций.

Величину критической температуры для растянутых элементов определяют из условия снижения прочности (предела текучести) стали до величины напряжения, возникающего в элементе от внешней (нормативной, рабочей) нагрузки. Несущая способность сжатых элементов фермы необходимо определять из условий потери прочности и потери устойчивости, т.е. расчет проводится по двум методикам:

1. По потере прочности с учетом коэффициента продольного изгиба φ .
2. Из условия снижения модуля упругости стали до критической величины (что приводит к недопустимому прогибу элемента).

Числовые значения (t_{cr}) определяют по экспериментальным данным о снижении коэффициента изменения предела текучести (γ_t) и модуля упругости (γ_E) стали от температуры нагрева по графику (п.1.4 [2]).

Величину коэффициента изменения предела текучести стали, соответствующую критической температуре нагрева растянутого элемента фермы, вычисляют по формуле (1.6).

Площадь поперечного сечения элемента фермы принимают с учетом количества профилей, на которые передается усилие от внешней нагрузки. В узлах фермы каждый элемент выполнен, как правило, из двух уголков (рис.1.6), за исключением подвесок, выполненных из одного швеллера, и ненагруженных стоек.

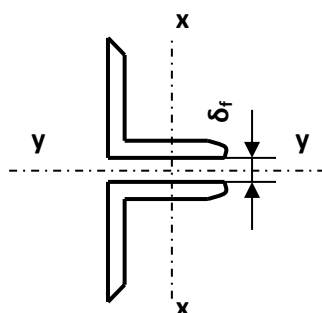


Рисунок 6 – Сечение элементов фермы

Так как элемент выполнен из двух сваренных между собой уголков, то обогреваемый периметр и площадь сечения элемента, принятые из таблицы данных (п.1.1.4. [2]) будут умножаться на 2.

При расчете сжатых элементов с учетом коэффициента продольного изгиба (φ), в знаменателе формулы (6) следует учесть этот коэффициент, т.е.

$$\gamma_{ytr} = \frac{N_n}{\varphi \cdot A \cdot R_{yn}} \quad (9)$$

Коэффициент продольного изгиба элемента зависит от его гибкости (λ): при (λ) < 40, величина (φ) = 1; при (λ) ≥ 40 - (φ) = 0,95. При этом определяют максимальную величину гибкости ($\lambda_{\max}$) с учетом двух направлений прогиба стержня: «в плоскости» фермы (т.е. в вертикальном направлении) и «из плоскости» фермы (т.е. в горизонтальном направлении).

Гибкость вычисляется по формуле:

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x}, \quad \lambda_y = \frac{l_y}{i_y}, \quad (10)$$

где:

λ_x, λ_y - гибкость элемента «в плоскости» и «из плоскости» фермы соответственно;

l_x, l_y - расчетные длины элемента «в плоскости» и «из плоскости» фермы, соответственно (табл. 1.1), м;

i_x, i_y - радиус инерции относительно осей «X» и «Y» (п. 1.1.4 [2]), см.

Следует учесть, что гибкость элементов «в плоскости» фермы, как правило, определяется расстоянием между соединительными пластинами, к которым он приварен (для элементов решетки), либо расстоянием между узлами (для элементов пояса) фермы.

Гибкость элементов «из плоскости» фермы определяется местами крепления горизонтальных связей по длине фермы.

Таблица 1.1 – Расчетные длины элементов фермы

Направление продольного изгиба	Вид элемента		
	пояс	опорный раскос	прочие элементы решетки
«В плоскости» фермы (l_x)	l^*	l	$0,8 l$
«Из плоскости» фермы (l_y)	l	l	l

* l – расчетная длина элемента

При расчете сжатых элементов на устойчивость из условия снижения модуля упругости стали до критической величины, определяется коэффициент изменения модуля упругости по формуле:

$$\gamma_E = \frac{N_n \cdot l^2}{\pi^2 \cdot E_n \cdot J_{\min}}, \quad (11)$$

где:

l – расчетная длина элемента (принимается максимальная из условия гибкости элемента «в плоскости» и «из плоскости» фермы), м;

$$\pi = 3.14;$$

$E_n = 2,06 \cdot 10^{11}$ - нормативное, значение модуля упругости, Па (табл.63 [4]);

$J_{\min}$ – минимальное значение момента инерции поперечного сечения элемента, м^4 , вычисляется по формуле:

$$J_{\min} = i_{\min}^2 \cdot A_2, \quad (12)$$

где:

$i_{\min}$ - минимальное значение величины радиуса инерции поперечного сечения элемента (п. 1.1.4 [3], из двух значений i_x и i_y), см;

A_2 - площадь поперечного сечения элемента (двух уголков, п. 1.1.4 [3]), см^2 .

Как было сказано выше, значение (t_{cr}) определяется в зависимости от значений коэффициента изменения предела текучести (γ_t) или модуля упругости (γ_E) стали по графику (п.1.4 [2]).

Учитывая, что теплотехническую часть методики рассчитать сложно без применения ЭВМ, на практике для этой цели используют номограмму изменения температуры от времени прогрева стальных пластин различной толщины (рис.1.4). Поскольку фигурные профили по форме отличаются от пластины, для того, чтобы воспользоваться такой номограммой, вначале вычисляется толщина профиля по формуле (2).

Зная значения критической температуры и приведенной толщины профиля, для каждого элемента определяется время прогрева до критической температуры, т.е. утраты их несущей способности (рис.4). По полученным результатам определяется фактический предел огнестойкости фермы (P_ϕ) – по минимальному значению времени утраты несущей способности (прогрева до t_{cr}) наиболее слабого элемента фермы.

Вопросы и задания

1. Провести расчет растянутого элемента металлической фермы.

Исходные данные:

Обозначение элемента	Вид профиля; размеры сечения, мм	Длина l , мм	Марка стали	Толщина соединительной пластины δ_f , мм	Усилие N , кН
P2	$\perp$ 80 x 5,5	4275	Вст. 3пс6	10	+ 343*

* - «+» означает, что элемент работает на растяжение.

Определить фактический предел огнестойкости.

2. Расчет сжатого элемента металлической фермы.

Исходные данные:

Обозначение элемента	Вид профиля; размеры сечения, мм	Длина l , мм	Марка стали	Толщина соединительной пластины δ_f , мм	Усилие N , кН
P3	$\perp$ 90 x 8	4340	Вст. 3пс6	10	- 190

* - «-» означает, что элемент работает на сжатие.

Определить фактический предел огнестойкости.

Практическое занятие 10

Расчет огнестойкости изгибаемых металлических элементов

Величину t_{cr} для металлических конструкций работающих на изгиб определяют так же, как и для конструкций работающих на растяжение, из условия снижения прочности (предела текучести) стали до величины напряжения, возникающего в элементе от внешней (нормативной, рабочей) нагрузки.

Величину коэффициента изменения предела текучести стали, соответствующую критической температуре нагрева изгибаемой конструкции вычисляют по следующей формуле:

$$\gamma_{ytr} = \frac{M_n}{c_1 \cdot w_n \cdot R_{yn}}, \quad (1)$$

где:

M_n – изгибающий момент от нормативной нагрузки, Н·м;

R_{yn} – нормативное сопротивление стали по пределу текучести (п.1.7 [2]),

γ_a – принимается для фасонного проката в зависимости от толщины полки;

W_n – момент сопротивления сечения, м³;

c_1 – коэффициент, учитывающие развитие пластических деформаций.

Величину коэффициента c_1 в зависимости от вида конструкции принимают:

- для двутавров и швеллеров – 1,17;
- для труб – 1,25;
- для прямоугольного сечения – 1,5.

Вопросы и задания

1. Провести расчет огнестойкости металлической конструкции, работающей на изгиб.

Исходные данные:

Напряженное состояние	Вид и номер профиля	Длина l , мм	Марка стали	Равномерно-распределенная нагрузка q_n , кН/м
изгиб	[36	7500	C255	12

2. Ответьте на вопросы:

Контрольные вопросы:

1. Классификация и виды металлических конструкций.
2. Основы проектирования металлических конструкций.
3. Поведение в условиях пожара несущих и ограждающих металлических конструкций. Приведенная толщина металла. Зависимость предела огнестойкости от приведенной толщины металла.
4. Способы огнезащиты металлических конструкций.
5. Расчет фактического предела огнестойкости металлических конструкций. Методика расчета по критической температуре. Допущения в расчете огнестойкости металлических конструкций. Степень напряженного состояния металлических конструкций (растянутых, сжатых, изгибаемых).
6. Определение критической температуры металлических конструкций. Изменение температуры нагрева незащищенных стальных пластин различной толщины от времени нагрева при стандартном температурном режиме.
7. Общая последовательность расчета огнестойкости металлических конструкций по прочности.
8. Расчет огнестойкости растянутых, сжатых, изгибаемых металлических конструкций по прочности.
9. Расчет центрально-сжатых металлических конструкций по потере устойчивости.

Практическое занятие 11

Оценка огнезащиты деревянных конструкций

Цель: Знать классификацию и виды деревянных конструкций, их поведение в условиях пожара. Уметь рассчитывать фактический предел огнестойкости деревянных конструкций и элементов, работающих на растяжение, сжатие и изгиб. Иметь представление о способах огнезащиты деревянных конструкций.

Теоретическая часть

Фактический предел огнестойкости деревянных конструкций определяют по формуле:

$$P_{\phi} = \tau_0 + \tau_{cr}, \quad (1)$$

где:

τ_0 – время от начала огневого воздействия на древесину до ее воспламенения, τ_0 принимается 4 мин. для древесины с влажностью $W=12\%$;

τ_{cr} – время от начала воспламенения древесины до наступления предельного состояния.

$$\tau_{cr} = \frac{Z_{cr}}{V}, \quad (2)$$

где:

V – скорость обугливания древесины (табл. 1);

Z_{cr} – критическая глубина обугливания древесины, при достижении которой наступает предельное состояние конструкции по огнестойкости; определяется с помощью графиков (п. 2.3 [2]), связывающих значение коэффициента (η) с параметрами (h/b) и (Z_{cr}/h).

Таблица 1 – Скорость обугливания древесины

Наименьший размер сечения, мм	Скорость обугливания древесины, мм/мин	
	клееной	цельной
120 и более	0,6	0,8
менее 120	0,7	1,0

Для расчета Z_{cr} используется равенство, определяющее предельное состояние элемента деревянной конструкции при пожаре:

$$\sigma_f = R_f \quad (3)$$

Напряжение σ_f при пожаре зависит от изменения геометрических характеристик (A , W , J , i) конструкции. Эти изменения геометрических характеристик выражаются через коэффициент η , значения которого представляются в следующем виде: $\eta_A = A_f/A$, $\eta_W = W_f/W$, $\eta_J = J_f/J$, $\eta_i = i_f/i$, где A_f , W_f , J_f , i_f - геометрические характеристики сечения при пожаре. Зависимость коэффициента $\eta = f(h/b, Z_{cr}/h)$ для геометрических характеристик A , W , J при трех- и четырех стронем обогреве, представлена на графиках (п. 2.3 [3]). Семейство кривых на графиках ограничено штрихпунктирной линией. Если точки пересечения параметров η , h/b и Z_{cr}/h находятся ниже штрихпунктирной линии, значение Z_{cr} принимается равным $0,25 \cdot b$.

Расчет огнестойкости изгибаемой деревянной балки

Фактический предел огнестойкости балки определяют по минимальному значению Z_{cr} , вычисленному из трех расчетных условий.

Первое условие – потеря прочности по нормальным напряжениям:

$$\eta_w = \frac{M_n}{W \cdot R_{fw}}, \quad (4)$$

где:

R_{fw} – расчетное сопротивление древесины изгибу (табл. 2), МПа;

W – момент сопротивления, м^3 , для прямоугольного сечения определяется по формуле:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (5)$$

M_n – изгибающий момент в середине балки, $\text{кН} \cdot \text{м}$, возникающий от действия нормативной нагрузки равен:

$$M_n = \frac{q_n \cdot l^2}{8}. \quad (6)$$

Второе условие – потеря прочности по касательным напряжениям:

$$\eta_A = \frac{1,5Q}{A \cdot R_{fqs}}, \quad (7)$$

где:

R_{fqs} – расчетное сопротивление древесины скалыванию (табл. 2), МПа;

A – поперечная площадь сечения, м²;

Q – поперечная сила, кН, величину которой от нормативной нагрузки определяют по формуле:

$$Q = \frac{q_n \cdot l}{2}. \quad (8)$$

Третье условие – потеря устойчивости изгибаемых конструкций. Зависит не только от глубины обугливания древесины, но также от возможности выхода из строя нагельных соединений элементов связей.

Если предположить, что все нагельные соединения элементов одновременно выходят из строя в условиях пожара, то предел огнестойкости по потере устойчивости плоской формы (деформирования) будет равняться утрате несущей способности металлических соединений, т.е. 15 минут. Поскольку установить это нельзя (все выходят или нет из строя нагельные соединения), в учебных целях слушателю в задании по контрольному проектированию выдается длина балки l_{pf} , на которой произошло обрушение связей. На практике эту длину можно установить исходя из места расположения пожарной нагрузки в помещении под данной деревянной балкой.

Последовательность расчета огнестойкости изгибаемых деревянных элементов из условия устойчивости

1. Задаются значениями $Z_1, Z_2, \dots, Z_i$ глубины обугливания не менее 3-х с соблюдением условия $Z_{cr 1 \dots i} \leq 0,25b$;
2. Определяются $Z_{1 \dots i} / h$ и h / b ;

3. Графически находятся $\eta_{w1} \dots \eta_{wi}$
4. Определяются значения коэффициентов $(\varphi_{fw_1} \dots \varphi_{fw_i})$ с учетом изменения размеров сечения в середине пролета балки в результате обугливания древесины с трех или четырех сторон по формуле:

$$\varphi_{f,w_{1\dots i}} = 140 \cdot \frac{(b - 2Z_{cr_{1\dots i}})^2}{l_{pf}(h - n \cdot Z_{cr_{1\dots i}})} \cdot k_{f\phi} \cdot k_{fжж_{1\dots i}}, \quad (9)$$

где h – высота сечения балки, м; b – ширина сечения балки, м; Z_{cr} – критическая глубина обугливания, м; l_{pf} – длина балки, на которой произошло обрушения связи, м; $k_{f\phi}$ – коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке l_{pf} , определяется по формулам (10) или (11):

$$k_{f\phi} = 1,75 - 0,75 \cdot \alpha_f, \text{ при } l_{pf} < 0,5L, \quad (10)$$

$$k_{f\phi} = 1,35 + 1,45 \cdot (c / l_{pf})^2, \text{ при } l_{pf} = 0,5L, \quad (11)$$

$$\alpha_f = \frac{M_{l_{pf}}}{M_n}, \quad c = \frac{l_{pf}}{2},$$

L – длина балки;

$M_n, M_{l_{pf}}$ – моменты в середине пролета и на месте обрушения связей;

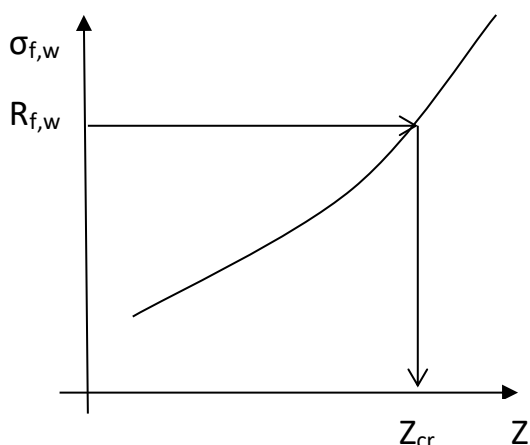
$k_{fжж}$ – коэффициент, который для балки постоянного сечения равен 1;

k – количество сторон балки по высоте ее сечения, подвергшихся обугливанию (при трехстороннем обогреве $k=1$, при четырехстороннем $k=2$).

5. Определяются напряжения в расчетном сечении балки по формуле:

$$\sigma_{f,w_{1\dots i}} = \frac{M_n}{\varphi_{f,w_{1\dots i}} \cdot W \cdot \eta_{w_{1\dots i}}}, \quad (12)$$

6. Строится график и определяется Z_{cr} :



7. Определяется фактический предел огнестойкости по формуле (1).

Вопросы и задания

1. Выполнить расчет огнестойкости деревянной балки, работающей на изгиб.

Исходные данные:

Расчетный пролет L , м	Размеры поперечного сечения, мм		Полная расчетная нагрузка на балку q , кПа	Шаг балок a_b , м	Сорт древесины	Количество обогреваемых сторон	Длина балки, на которой произошло обрушение связей l_{pf} , м
	Высота h	Ширина B_b					
12	990	160	2,7	6	2	3	3

Определять требования к балке по огнестойкости будем расчетным методом с учетом действующей на балку нормативной нагрузки.

Контрольные вопросы:

1. Классификация и виды деревянных конструкций. Экономическая эффективность деревянных конструкций перед железобетонными.
2. Основы проектирования деревянных конструкций.
3. Поведение в условиях пожара несущих и ограждающих деревянных конструкций.
4. Расчетные сопротивления для расчетов пределов огнестойкости деревянных конструкций.
5. Формула для расчета пределов огнестойкости деревянных конструкций из условия прочности.

6. Скорость обугливания древесины. Критическая глубина обугливания. Коэффициенты изменения геометрических характеристик сечения деревянных конструкций и зависимости их от отношения критических глубин обугливания и размеров сечения.
7. Общий подход к определению предела огнестойкости деревянных конструкций.
8. Расчет огнестойкости деревянных конструкций (растянутых, изгибаемых, сжатых элементов из условия прочности и устойчивости).

Практическое занятие 13

Расчет огнестойкости деревянных элементов конструкций работающих на растяжение и сжатие

Равенство (3, ПЗ-12) для растяжения примет вид $\sigma_{ft} = R_{ft}$. Данное равенство можно представить в следующем виде:

$$\frac{N_n}{\eta_A \cdot A} = R_{ft},$$

Отсюда:

$$\eta_A = \frac{N_n}{R_{ft} \cdot A}, \quad (1)$$

где:

N – продольная нормативная сила, Н;

R_{ft} – расчетное сопротивление на растяжение (табл. 2), Па.

Далее, используя зависимость $\eta = f(h/b, Z_{cr}/h)$ (п. 2.3 [2]), определяется значения параметра Z_{cr}/h , затем глубина обугливания Z_{cr} . Значения τ_{cr} и Π_ϕ определяются по формулам (1) и (2) предыдущего занятия.

Равенство (3, ПЗ-12) для сжатия примет вид $\sigma_{fc} = R_{fc}$. Данное равенство можно представить в следующем виде:

$$\frac{N_n}{\eta_A \cdot A} = R_{fc},$$

Отсюда:

$$\eta_A = \frac{N_n}{R_{fc} \cdot A}, \quad (2)$$

где:

N – продольная нормативная сила, Н;

R_{fc} – расчетное сопротивление на сжатие (табл. 2), Па.

Далее, используя зависимость $\eta=f(h/b, Z_{cr}/h)$ (п. 2.3 [2]), определяется значения параметра Z_{cr}/h , затем глубина обугливания Z_{cr} . Значения τ_{cr} и Π_{ϕ} определяются по формулам (1) и (2) предыдущего занятия.

Таблица 2 – Расчетные сопротивления R_f для определения пределов огнестойкости деревянных конструкций

Напряженное сопротивление	Условное обозначение	Расчетное сопротивление, МПа, в зависимости от сорта древесины		
		1	2	3
Изгиб	R_{fw}	29	26	18
Сжатие вдоль волокон	R_{fc}	26	23	16
Растяжение вдоль волокон	R_{ft}	20	15	-
Скалывание вдоль волокон:	R_{fqs}			
цельной		3,0	2,7	2,7
клееной		1,2	1,1	1,1

Практическое занятие 14

. Расчет огнестойкости железобетонных конструкций

Цель практического занятия: Знать виды железобетонных конструкций, их поведение в условиях пожара. Уметь рассчитывать фактический предел огнестойкости железобетонных конструкций и элементов, работающих на растяжение, сжатие и изгиб. Иметь представление о способах усиления и восстановления железобетонных конструкций.

Теоретическая часть

Как правило, предел огнестойкости железобетонной конструкции достигается в результате потери ею несущей способности (обрушения) за счет снижения прочности (температурной ползучести) арматурной стали и бетона при нагревании – достижения первого предельного состояния по

огнестойкости [3], либо вследствие потери (утраты) теплоизолирующей способности (прогрева конструкции выше допустимой температуры) – второе предельное состояние конструкции по огнестойкости, а также в результате потери (утраты) целостности (плотности) ограждающей конструкции – третье предельное состояние конструкции по огнестойкости.

Предел огнестойкости железобетонной внутренней не несущей стены и перегородки определяют по потере теплоизолирующей способности или по потере плотности. Он зависит от вида бетона (тяжелый, легкий, ячеистый) и толщины конструкции.

Для самонесущих и несущих железобетонных конструкций (конструкций наружных стен, плит покрытия, балок, ферм, колонн) пределы огнестойкости определяют по потере несущей способности.

Железобетонные конструкции, выполняющие одновременно ограждающую и несущую функции, рассчитывают исходя из двух условий: по потере несущей и теплоизолирующей способности. Из двух полученных значений за предел огнестойкости принимают наименьшее.

При определении пределов огнестойкости строительных конструкций в общем случае необходимо решить две части задачи: теплотехническую и статическую. Теплотехническая часть имеет целью определить температуры по сечению конструкции во время воздействия на нее стандартного температурного режима.

В статистической части вычисляют изменение несущей способности (прочности) нагретой конструкции с учетом изменения свойств бетона и арматуры при высоких температурах. Затем строят график изменения несущей способности конструкции во времени. Время нагрева конструкции, по истечении которого несущая способность снизится до величины нормативной (рабочей) нагрузки, является пределом ее огнестойкости, т.е. когда будет достигнуто равенство:

$$N_t(M_t) = N_n(M_n), \quad (1)$$

где $N_t (M_t)$ - несущая способность (от изгибающего момента – для изгибаемой конструкции) конструкций при нагревании, Н (Н·м); $N_n (M_n)$ - продольное усилие (изгибающий момент) от нормативной нагрузки, Н (Н·м).

Выполнение условия (1) схематично изображено на графике (рис. 1).

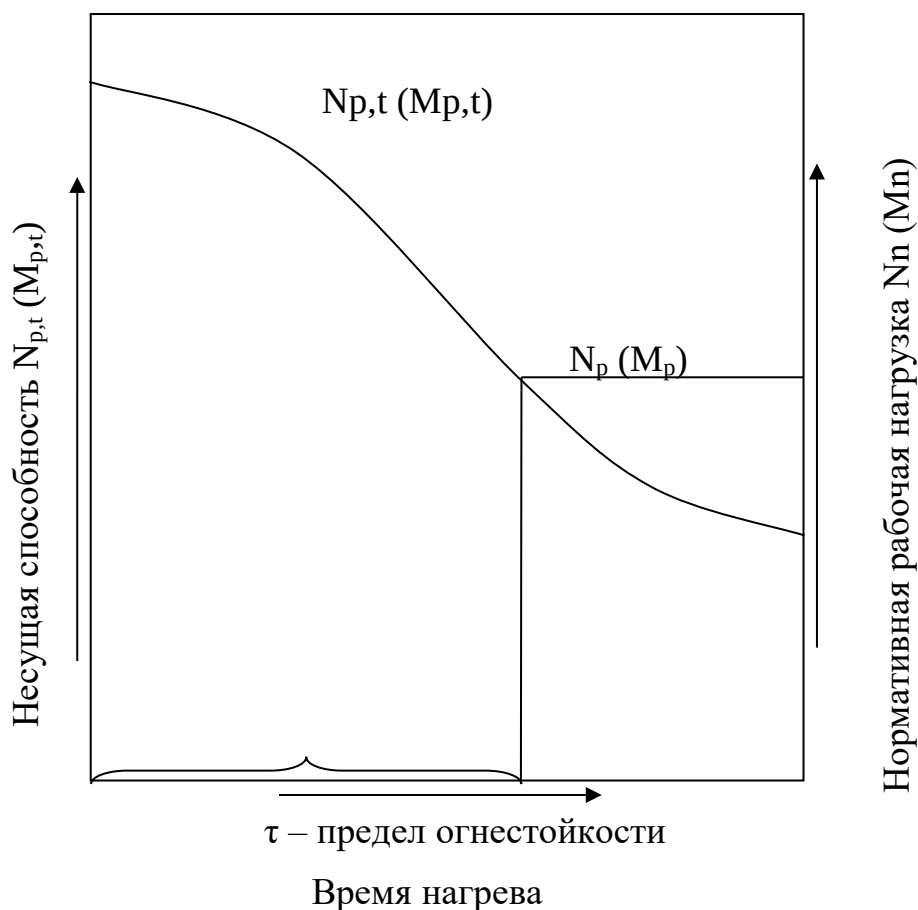


Рисунок 3.1 – Схематическое изображение принципа определения предела огнестойкости конструкции по потере несущей способности

Особенности решения теплотехнической задачи

Учитывая, что аналитическое решение дифференциального уравнения Фурье связано с громоздкими вычислениями, и невозможно выполнить без ЭВМ, в инженерной практике пользуются упрощенной методикой расчета, разработанной на основе уравнения Фурье с применением экспериментальных данных доктором технических наук, профессором А.И. Яковлевым [4].

Решение уравнения Фурье, полученное А.И.Яковлевым для полужаженного тела, может быть использовано для определения температуры в плоских конструкциях конечной толщины.

В железобетонных конструкциях имеет место двумерное температурное поле при обогреве с трех и четырех сторон (балки, колонны) и одномерное температурное поле при обогреве с одной стороны (плиты).

При известном температурном поле могут быть получены сопротивления в бетоне в различных точках сечения элемента с определенными значениями температур.

Для расчета температур в сечении бетона примем следующие положения:

1. Значение теплоемкости и теплопроводности принимаются постоянными $C_{\text{tem,m}}$; $\lambda_{\text{tem,m}}$ при некотором среднем значении температуры, которая принимается равной $t_m = 450^\circ\text{C}$.

2. Температурный режим принимается стандартным (ГОСТ 30247.0 – 94).

$$t_b = 345 \lg(8\tau + 1) + t_n \quad (3.1)$$

где:

t_b – температура в печи, соответствующая времени τ , $^\circ\text{C}$;

t_0 – температура в печи до начала теплового воздействия (принимается равной температуре окружающей среды), $^\circ\text{C}$;

τ – время, исчисляемое от начала испытания, мин.

3. Испытанием на огнестойкость установлено, что температура обогреваемой поверхности плоских железобетонных конструкций возрастает по кривой, уравнение которой имеет вид:

$$t_0 = 1250 - (1250 - t_n) \operatorname{erf} X = 1250 - (1250 - t_n) \operatorname{erf} \frac{k}{2\sqrt{\tau}}; \quad (3.2)$$

где: t_0 - температура обогреваемой поверхности, $^\circ\text{C}$;

t_n - начальная температура конструкции, $^\circ\text{C}$;

erf - функция ошибок Гаусса;

k - коэффициент, зависящий от плотности ρ_{0c} сухого бетона, $\text{с}^{0,5}$;

τ - время, с.

Расчет температур в сплошных плоских конструкциях

При одностороннем обогреве:

Температура в сечении конструкции рассчитывается по формуле:

$$t_{y\tau} = 1250 - (1250 - t_n) \operatorname{erf} \frac{k \sqrt{a_{red}} + y}{2 \sqrt{a_{red} \cdot \tau}}; \quad (3)$$

где:

y - расстояние по нормали от обогреваемой поверхности до расчетной точки тела, м;

a_{red} - приведенный коэффициент температуропроводности:

$$a_{red} = \frac{\lambda_{tem,m}}{(C_{tem,m} + 50,4W_b) \rho_{0c}} \quad (4)$$

где:

$\lambda_{tem,m}$ - средний коэффициент теплопроводности при $t = 450^\circ\text{C}$, Вт/(м·°C);

$C_{tem,m}$ - средний коэффициент теплоемкости при $t = 450^\circ\text{C}$, Дж/(кг·с);

w_b - начальная весовая влажность бетона, %;

ρ_{0c} - средняя плотность бетона в сухом состоянии, кг/м³.

Температура в арматурных стержнях рассчитывается по формуле:

$$t_{y=a_s} = 1250 - (1250 - t_n) \operatorname{erf} \frac{k + \frac{y + k_1 d}{\sqrt{a_{red}}}}{2 \sqrt{\tau}}; \quad (5)$$

где

y - расстояние от обогреваемой поверхности до края арматуры, м;

k, k_1 – коэффициенты зависящие от плотности бетона.

Из формулы (3.3) для одностороннего обогрева можно выразить толщину слоя прогретого до критической арматуры δ_{ty} , предполагая $y = \delta_{ty}$.

$$\delta_{ty} = (2X \sqrt{\tau} - k) \sqrt{a_{red}}; \quad (6)$$

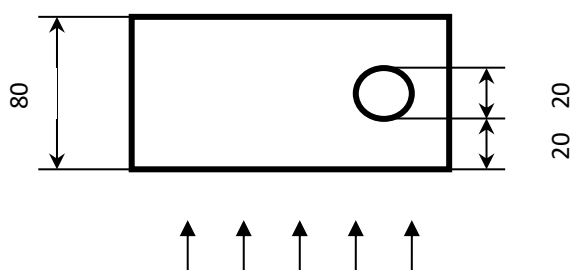
X (аргумент функции ошибок Гаусса) определяется по п.3.2.7 [2] в зависимости от

$$\operatorname{erf} X = \frac{1250 - t_{b,cr}}{1250 - t_n}; \quad (7)$$

Вопросы и задания

Дано: железобетонная плита толщиной $\delta_{пл} = 80$ мм. Бетон на гранитном щебне с объемной массой 2415 кг/м^3 , влажность бетона $w_b = 3,5\%$, время «стандартного» огневого воздействия $\tau = 1$ ч.

Требуется определить: температуру обогреваемой поверхности t_0 , температуру арматурных стержней $t_{y=a_s}$, толщину слоя бетона прогретого до критической температуры $\delta_{t,y}$.



2. Ответьте на вопросы:

1. Понятие о железобетоне и виды железобетонных конструкций.
2. Преимущества и недостатки железобетона.
3. Основы проектирования железобетонных конструкций.
4. Поведение несущих и ограждающих железобетонных конструкций в условиях пожара.
5. Особенности расчета фактических пределов огнестойкости железобетонных конструкций.
6. Расчет температур в сечении бетона и арматуры железобетонных конструкций при различных условиях обогрева.
7. Определение толщины бетонных слоев прогретых до заданных критических температур.
8. Расчет огнестойкости сжатых железобетонных элементов со случайным эксцентриситетом.

9. Основные положения расчета огнестойкости внецентренно-сжатых железобетонных конструкций.

10. Расчет огнестойкости изгибаемых железобетонных конструкций (статически определимых, статически неопределимых).

11. Расчет огнестойкости железобетонных с учетом сроков эксплуатации в агрессивных средах.

12. Способы повышения огнестойкости железобетонных конструкций.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
По организации самостоятельной работы студентов
по дисциплине **«Пожарная безопасность в строительстве»**
для студентов
направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
направленность (профиль) «Пожарная безопасность»

Введение

При изучении дисциплины «пожарная безопасность в строительстве» учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции и практические), а также самостоятельная работа студентов (СРС).

Основными формами работы и контроля СРС в данном курсе являются:

- самостоятельное изучение основного и дополнительного материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта, проверяется с помощью собеседования или тестирования. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста;
- Выполнение расчетно-графической работы;
- подготовка к экзамену

В методических указаниях представлены рекомендации по организации самостоятельной работы по данным направлениям.

Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Методологические аспекты обеспечения пожарной безопасности технологических процессов и производств» позволяет сформировать знания, умения и навыки бакалавров направления подготовки **20.03.01** «Техносферная безопасность», об основных опасностях и направлениях обеспечения безопасности технологических процессов и производств.

План-график выполнения самостоятельной работы

В соответствии с рабочими программами дисциплины «Методологические аспекты обеспечения пожарной безопасности технологических процессов и производств» для самостоятельная работа студентов организуется по графику, представленному в таблице 1.

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы студентов и формы их контроля

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки
Самостоятельное изучение темы «Конструктивные схемы и системы зданий»	Конспект	Собеседование, тестирование
Самостоятельное изучение темы «Противопожарные преграды»	Конспект	Собеседование, тестирование
Самостоятельное изучение темы «Оценка пожарных рисков зданий различного назначения»	Конспект	Собеседование, тестирование
Самостоятельное изучение темы Системы дымоудаления из помещений	Конспект	Собеседование, тестирование
Выполнение контрольной работы	Контрольная работа	Контрольная работа

Подготовка к собеседованию

Проверка знаний материала лекционных и практических занятий проводится в виде собеседования (по всем темам) и тестирования (по некоторым темам при необходимости). Предполагается, что отдельные вопросы тем дисциплины изучаются студентами самостоятельно (таблица 1). Знания указанных вопросов проверяется наличием конспектов и собеседованием. Паспорт фонда тестовых заданий представлен в ФОС.

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по вопросам тем дисциплины.

Данное оценочное мероприятия проводится на каждом практическом и (или) семинарском занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь (не обязательно)

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также Интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;
- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

В процессе самостоятельного изучения отдельных вопросов тем дисциплины рекомендуется работа с литературой, перечень которой приведен в конце методических указаний.

Вопросы для собеседования (самопроверки)

Тема «Конструктивные схемы и системы зданий»

1. Какие строительные конструкции называются несущими?
2. Что называется конструктивной системой здания?
3. Классификация несущих конструкций.
4. Охарактеризуйте нагрузки, которые испытывают на себе конструкции здания.
5. Охарактеризуйте вертикальные несущие конструкции зданий.
6. Назовите типы конструктивных систем зданий.
7. Охарактеризуйте бескаркасную конструктивную систему зданий.
8. Охарактеризуйте каркасную конструктивную систему зданий
9. Охарактеризуйте объемно-блочную конструктивную систему зданий
10. Охарактеризуйте ствольную конструктивную систему зданий
11. Охарактеризуйте оболочковую конструктивную систему зданий
12. Какие виды комбинированных конструктивных систем зданий вы знаете? Дайте определения.
13. Какие конструкции зданий являются основными?
14. Какие функции выполняют железобетонные каркасы? Как они классифицируются?
15. Назовите области применения и характеристики безбалочных каркасов.
16. Назовите области применения и характеристики металлических каркасов
17. Назовите области применения и характеристики деревянных каркасов
18. Как классифицируются стены зданий?
19. Из каких материалов изготавливают стены зданий? Охарактеризуйте области применения.
20. Виды перекрытий зданий и сооружений

21. Структурные элементы крыш. Виды крыш.
22. Виды лестниц, особенности применения.
23. Конструкции и виды пожарных лестниц.
24. Лестничные клетки: виды, назначение.
25. Незадымляемые лестничные клетки.

Тема «Противопожарные преграды»

1. Что понимается под понятием "противопожарная преграда"?
2. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарная стена 1-го и 2-го типов?
3. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарная перегородка 1-го и 2-го типов?
4. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарное перекрытие 1-го, 2-го и 3-го типов?
5. Какой минимальный предел огнестойкости имеют противопожарные двери и окна 1-го, 2-го и 3-го типов?
6. Какой минимальный предел огнестойкости имеют противопожарные ворота, люки и клапаны 1-го и 2-го типов?
7. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарная перегородка, перекрытие и дверь, входящая в состав тамбур-шлюза?
8. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарный занавес?
9. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарная стена 1-го и 2-го типов?
10. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарная перегородка 1-го и 2-го типов?
11. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарные перекрытия 1-го, 2-го, 3-го и 4-го типов?
12. Какой минимальный предел огнестойкости имеют противопожарные двери, ворота, люки, клапаны и пояса 1-го, 2-го и 3-го типов?
13. Какой минимальный предел огнестойкости имеет противопожарные

занавес?

14. Какая (какие) противопожарная преграда не относится местным?

15. Какую общую площадь может достигать проемы в противопожарных преградах?

16. На участки какой площади необходимо разделять глухими диафрагмами пустоты, образовавшиеся в деревянных конструкциях перекрытий и покрытий?

17. На участки какой площади необходимо разделять глухими диафрагмами пустоты, образованные между не распространяющими огонь конструкциями и их облицовками из горючих материалов со стороны помещений?

18. Что понимается под понятием "противопожарная стена", "противопожарная перегородка", "противопожарное перекрытие", "противопожарная дверь", "противопожарное окно", "противопожарный занавес", "противопожарный клапан" и "противопожарный люк"?

19. Из каких материалов должны выполняться противопожарные стены и перегородки?

20. На какую высоту должны возвышаться над кровлей противопожарные стены, если хотя бы один из элементов чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнен из горючих, трудногорючих и негорючих материалов?

21. На какую величину должны выступать противопожарные стены за наружные стены, которые выполнены с применением горючих, трудногорючих и негорючих материалов?

22. При разделении здания на пожарные отсеки какого отсека должна быть стена противопожарной?

23. На каком расстоянии примыкающего отсека над кровлей по вертикали и от стен по горизонтали допускается в наружной части противопожарной стены размещать окна, двери и ворота с ненормируемыми пределами огнестойкости?

24. Какого предела огнестойкости должны быть противопожарные стены в местах устройства в них вентиляционных и дымовых каналов?

25. При размещении противопожарных стен или противопожарных перегородок в местах примыкания одной части здания к другой под углом какое должно быть расстояние по горизонтали между ближайшими гранями проемов, расположенных в наружных стенах?

26. При размещении противопожарных стен или противопожарных перегородок в местах примыкания одной части здания к другой под углом на какой длине участки стен, карнизы и свесы крыш должны быть выполнены из негорючих материалов?

27. При каком обрушении примыкающих конструкций к противопожарной стены она должна сохранять свои функции?

28. Какими каналами, шахтами и трубопроводами допускается пересекать противопожарные стены?

29. Из каких материалов должен выполняться каркас противопожарной перегородки выполненной из гипсокартонных листов?

30. Каким пределом огнестойкости должен обладать каркас противопожарной перегородки 1-го и 2-го типов, выполненной из гипсокартонных листов, и узлы сопряжения этих перегородок с другими конструкциями?

31. Какое требование предъявляется к противопожарным перегородкам в помещениях с подвесными потолками?

32. Какие противопожарные двери ворота и люки получили наибольшее распространение?

33. Где запрещается устраивать оконные проемы?

34. Какого типа следует предусматривать противопожарные двери, ворота и окна в противопожарных стенах 1-го и 2-го типов?

35. Какого типа следует предусматривать противопожарные двери и ворота в противопожарных перегородках 1-го и 2-го типа?

36. Какую толщину защищенного слоя, со всех сторон, выполненного из

негорючих материалов, должна иметь древесина в противопожарных дверях и люках 1-го и 2-го типов?

37. Какие допускается выполнять двери тамбур-шлюзов со стороны помещений, в которых не применяются и не хранятся горючие газы, жидкости и материалы?

38. Какие допускается выполнять двери тамбур-шлюзов со стороны помещений, в которых отсутствуют процессы, связанные с образованием горючих пылей?

39. В каких случаях необходимо предусматривать тамбуры-шлюзы в проемах противопожарных стен и перегородок с постоянным подпором воздуха?

40. На сколько ширина тамбуров-шлюзов, в плане, должна превышает ширину дверных проемов?

41. На сколько глубина тамбуров-шлюзов должна быть больше ширины дверных полотнищ при открывании дверей внутрь тамбура?

42. Какую минимальную глубину, в плане, должны иметь тамбур-шлюзы?

43. При какой вместимости зрительного зала необходимо предусматривать противопожарный занавес?

44. В каких зданиях устраивается противопожарный занавес?

45. Какой противопожарный занавес получил наибольшее распространение?

46. Какое главное требование предъявляется к механизму перемещения противопожарного занавеса?

47. За счет чего происходит движения противопожарного однопольного подъемно-опускной занавеса при закрывании проема порталной стены?

48. Со скольких мест должно осуществляться дистанционное управление движением противопожарного занавеса?

49. С какой скоростью должно происходить движение противопожарного занавеса при закрывании проема порталной стены?

50. С какого места не обязательно предусматривать дистанционное управление движением занавеса?

51. С какой стороны необходимо защищать занавес от воздействия высоких температур теплоизоляцией?

52. На сколько должно перекрывать полотно противопожарного занавеса проем строительного портала с боковых сторон и сверху?

53. Как обеспечивается герметизация примыкания нижней кромки однопольного подъемно-опускного противопожарного занавеса к планшету сцены?

54. Как обеспечивается герметизация сопряжения верха однопольного подъемно-опускного противопожарного занавеса с порталной стеной?

55. Как обычно обеспечивается герметизация боковых сторон однопольного подъемно-опускного противопожарного занавеса с порталной стеной?

56. Какова последовательность слоев герметизации примыкания нижней кромки однопольного подъемно-опускного противопожарного занавеса к планшету сцены начиная сверху?

57. Сколько легкоплавких замков должно быть в противопожарных клапанах?

58. За счет чего происходит перекрывание технологического проема противопожарным клапаном НСЗ-11 АМ?

59. Какого типа следует предусматривать противопожарные клапана в противопожарных стенах 1-го и 2-го типов?

60. Какого типа следует предусматривать противопожарные клапана в противопожарных перегородках 1-го и 2-го типов?

61. Какого типа следует предусматривать противопожарные люки и клапаны в противопожарных перекрытиях 1-го, 2-го и 3-го типов?

62. Какой местной противопожарной преградой обычно защищают проемы для транспортеров, перемещающих штучные крупногабаритные изделия?

63. Какой местной противопожарной преградой обычно защищают проемы для транспортеров, перемещающих штучные мелкоразмерные изделия?

64. Какой местной противопожарной преградой обычно защищают технологические проемы для транспортировки через них сыпучих материалов?

65. Между какими категориями смежных помещений в проемах противопожарных стен и перегородках допускается предусматривать открытые тамбуры?

66. Чем обычно герметизируются места пропуска валов через противопожарные стены и перегородки, к которым предъявляются требования газонепроницаемости?

67. Какую длину должен иметь открытый тамбур, представляющий собой тоннель (без дверей или ворот), устраиваемый в проемах между помещениями категорий В, Г и Д?

68. Какой предел огнестойкости должны иметь ограждающие конструкции открытого тамбура, представляющего собой тоннель (без дверей или ворот), устраиваемого в проемах между помещениями категорий В, Г и Д, и какой расход воды должен быть обеспечен в нем?

Тема «Оценка пожарных рисков зданий различного назначения»

1. Какие выходы считаются эвакуационными?
2. Какие типы пожарных рисков вы знаете?
3. От чего зависит вероятность эвакуации людей из здания?
4. Опишите последовательность расчета соответствия путей эвакуации из административного здания нормативным значениям.
5. Какие опасные факторы пожара учитываются при оценке времени блокирования? Опишите их.
6. 6.. Какие дополнительные противопожарные мероприятия проводятся при превышении величины пожарного риска

7. Особенности оценки величин пожарного риска для производственных зданий
8. Что такое пожарный риск? Каково его приемлемое значение?
9. Каков общий принцип расчета пожарных рисков вы знаете?
10. От чего зависит время начала эвакуации?
11. какие модели движения людей применяются при оценке пожарного риска в зданиях?
12. Каким образом выбираются расчетные модели пожара?
13. Опишите порядок проведения расчета индивидуального пожарного риска
14. Какие общие требования предъявляются к определению расчетных величин пожарного риска на производственных объектах?
15. Охарактеризуйте особенности поведения людей при пожаре.
16. Какие факторы влияют на результат эвакуационных мероприятий из здания?
17. Назовите виды эвакуации и характеризующие ее параметры.
18. Что является количественной мерой возможности реализации пожарной опасности производственных объектов?
19. На основании чего проводится определение расчетных величин пожарного риска на производственных объектах
20. Что включает в себя анализ пожарной опасности производственного объекта?
21. какие событиями, которые могут являться причинами пожароопасных ситуаций на производственных объектах, при оценке пожарного риска следует принимать наиболее вероятными?
22. Что включает в себя оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития?
23. Опишите общие положения методики вычисления расчетных величин пожарного риска.

24. От чего зависит потенциальный риск для зданий производственного объекта?

25. От чего зависит вероятность эвакуации по эвакуационным путям?

26. Каким образом определяется величина индивидуального риска R_m (год⁻¹) для работника m производственного объекта при его нахождении на территории объекта?

27. Назовите типы пожарных рисков, регламентированных ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также их нормативные значения.

28. Назовите нормативно-технические документа, применяемые для расчёта пожарных рисков.

29. Что называют временем начала эвакуации? От чего оно зависит?

30. Какова последовательность проведения расчета параметров эвакуации из здания?

31. Какие мероприятия предусматриваются в зданиях и сооружениях при превышении расчетных величин пожарного риска?

Тема Системы дымоудаления из помещений

1. Что такое вентиляция;

2. Виды естественной вентиляции по принципу действия. Дайте пояснения.

3. Виды естественной вентиляции способу организации. Дайте пояснения.

4. Виды организованной естественной вентиляции.

5. Дайте определение механической (искусственной) вентиляции

6. Виды искусственной вентиляции по месту действия. Дайте определения.

7. Виды искусственной вентиляции по назначению. Дайте определения.

8. Какая вентиляция называется противодымной?

9. Поясните термин «пассивная противодымная защита». Приведите примеры.

10. Поясните термин «активная противодымная защита». Приведите примеры.

11. Какая противодымная вентиляция считается приточной?

12. Что такое тамбур-шлюз?

13. Какие технические устройства составляют проиводымную защиту здания?

14. Что такое дымовой клапан?

15. Каким образом размещаются вентиляционные системы в помещении площадью менее 100 м²?

16. Допускается ли применение приемных устройств наружного воздуха для систем приточного воздуха в помещении?

17. В каких помещениях допускается соединение систем вентиляции?

18. Каким образом проектируются системы вытяжной общеобменной и аварийной вентиляции в помещениях категорий В, Г и Д?

19. Каким образом проектируются системы вытяжной общеобменной и аварийной вентиляции в помещениях категорий А и Б?

20. Для чего в помещениях повышенной пожаро- взрывоопасности предусматривается резервный вентилятор? Какой производительности он должен быть?

21. Охарактеризуйте особенности организации вентиляции в помещении, где в воздух выделяются горючие газы и пары.

22. Где в здании обязательно предусматривается противодымная вентиляция?

23. Особенности размещения систем дымоудаления

24. Особенности организации системы дымоудаеления при наличии в помещении систем газового пожаротушения.

25. Особенности проектирования местных воздухотсосов.

26. Каким образом устанавливается расстояние от источников выбросов систем местных воздухоотсосов до ближайшей точки возможного воспламенения?

27. В какие помещения здания предусматривается подача наружного воздуха при пожаре?

28. Поясните достоинства и недостатки печного отопления.

29. Где допускается устройство печного отопления?

30. Какие требования пожарной безопасности предъявляются к печному отоплению?

31. Назовите допустимые температуры поверхностей печей.

32. Правила устройства дымохода для печного отопления.

33. Стадии контроля требований пожарной безопасности систем печного отопления.

34. Что подлежит контролю при проверке пожарной безопасности систем печного отопления?

35. Где могут устанавливаться отопительные системы водяного отопления?

36. Какие требования к размещению отопительных приборов системы водяного отопления?

37. Требования пожарной безопасности при эксплуатации электрических нагревательных приборов.

38. Особенности контроля соответствия отопительных приборов, работающих на газовом топливе.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно отвечает на вопросы базового и повышенного уровней, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе

материал дополнительной литературы, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твердо знает материал как базового, так и повышенного уровней, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками сопоставления теории и практики.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только материала базового уровня, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при сопоставлении теории и практики.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Отметка *«неудовлетворительно»* выставляется также, если обучающийся отказался отвечать на вопросы.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по вопросам тем дисциплины.

Вопросы повышенного уровня предназначены не только для проверки знаний основного и дополнительного материала, но и оценки способности студента применять теоретические знания при решении практических задач, а также знания статистических данных и умения их анализировать.

Данное оценочное мероприятие проводится на каждом практическом и (или) семинарском занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для

подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь (не обязательно)

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;
- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

Оценочный лист проверки знаний (собеседование)

Критерии оценки	Оценка			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
правильность ответов				
чёткое знание терминологии				
умение грамотно, четко и последовательно излагать материал				
использование дополнительной литературы при подготовке				
умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой				
знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях				

умение конкретные примеры	приводить				
------------------------------	-----------	--	--	--	--

