

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

С. Н. НАКОНЕЧНЫЙ

М. В. ВИНОКУРОВ

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И КОНСТРУКЦИИ И ИХ ПОВЕДЕНИЕ
ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Иваново 2020

УДК 614.841.34

ББК 68.9

Н 22

Рецензенты:

Торопова М. В. – доцент кафедры естественных наук и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», кандидат технических наук

Семенов А. О. – доцент кафедры пожарной тактики и основ аварийно-спасательных и других неотложных работ (в составе УНК «Пожаротушение») ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России полковник внутренней службы, кандидат технических наук, доцент

*Издается по решению Редакционно-издательского совета
Ивановской пожарно-спасательной академии
(Протокол № 4 от 17.09.2020)*

Наконечный, С. Н.

Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие / С. Н. Наконечный, М. В. Винокуров. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 153 с.

Учебно-методическое пособие содержит указания по расчету предела огнестойкости железобетонных строительных конструкций при проведении пожарно-технической экспертизы, положения, детализирующие эти указания, пример расчета, а также рекомендации, необходимые для проектирования.

Дана характеристика структуры, содержания курсового проекта, приведены задания и исходные данные для его выполнения. Пособие выполнено в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС» и предназначено для курсантов и студентов очной формы обучения по специальности 40.05.03 «Судебная экспертиза» специализация «Инженерно-технические экспертизы» (уровень специалитета).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН	6
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	9
1.2. Теоретическая часть.....	10
1.2.1. Общие принципы объемно-планировочных решений зданий.....	11
1.2.2. Конструктивные системы и схемы зданий.....	14
1.2.3. Несущие и ограждающие строительные конструкции, их пожарная опасность.....	20
1.2.4. Каркас здания, стены здания, перекрытия и покрытия.....	23
1.2.5. Типы и конструкции лестниц. Лестницы и лестничные клетки, пожарно- техническая классификация.....	31
1.2.6. Пожарно-техническая классификация строительных конструкций, зданий и сооружений.....	34
1.2.7. Классификация строительных материалов по пожарной опасности.....	39
1.2.8. Классификация противопожарных преград.....	43
1.2.9. Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений.....	44
1.2.10. Классификация зданий, сооружений и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.....	48
1.2.11. Пожарно-техническая экспертиза строительных конструкций.....	51
1.2.12. Оценка состояния здания и его конструктивных элементов после пожара.....	54
1.3. Требования к составу курсового проекта.....	60
1.4. Содержание пояснительной записки.....	61
1.5. Указания к оформлению пояснительной записки.....	61
1.6. Указания к оформлению графической части проекта.....	62
1.7. Варианты заданий.....	63
1.8. Чертежи по номеру варианта и пояснения к ним.....	64
1.8.1. Пустотные плиты перекрытия.....	64
1.8.2. Ригели.....	69
1.8.3. Колонны.....	77
1.9. Основные принципы расчета огнестойкости железобетонных конструкций.....	87
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	100
2.1. Введение.....	100
2.2. Теоретическая часть.....	100
2.3. Характеристика здания и строительных конструкций.....	100
2.3.1. Краткая характеристика здания.....	100
2.3.2. Краткая характеристика строительных конструкций.....	100
2.4. Определение требуемых пожарно-технических характеристик строительных конструкций и здания.....	101
2.4.1. Определение требуемой степени огнестойкости здания.....	101
2.4.2. Определение требуемых классов конструктивной и функциональной пожарной опасности здания.....	101

2.4.3. Определение требуемых пожарно-технических характеристики строительных конструкций.....	101
---	-----

ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ..... 102

3.1. Определение фактических пожарно-технических характеристик строительных конструкций с помощью пособия по определению огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов	102
3.1.1. Определение фактических пожарно-технических характеристик строительных конструкций	103
3.1.2. Определение фактической огнестойкости здания	107
3.2. Определение фактической огнестойкости строительных конструкций расчетом	107
3.2.1. Основные требования и принимаемые допущения при проведении расчетов огнестойкости железобетонных конструкций	107
3.2.2. Порядок проведения расчета предела огнестойкости железобетонной пустотной плиты перекрытия	109
3.2.3. Порядок проведения расчета предела огнестойкости железобетонной балки (ригеля).....	114
3.2.4. Расчет предела огнестойкости колонны среднего ряда	119

ГЛАВА 4. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ 128

4.1. Определение расчетных параметров плиты	128
4.2. Расчеты максимального изгибающего момента плиты и расчетные сопротивления бетона и арматуры	129
4.3. Расчет высоты сжатой зоны бетона в предельном состоянии x_{tem}	130
4.4. Расчет напряжения в растянутой зоне железобетонной плиты $\sigma_{s tem}$	130
4.5. Определение коэффициента снижения надежности прочности по арматуре $\gamma_{s tem}$ при прогреве	131
4.6. Расчет критической температуры t_{cr}	131
4.7. Определение значения функции ошибок Гаусса	132
4.8. Расчет фактического предела огнестойкости для плиты со сплошным сечением	132
4.9. Построение расчетного таврового сечения по плите перекрытия ПК 60-15-8..	133

ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, НЕ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯМ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ НОРМ... 134

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 136

ПРИЛОЖЕНИЯ 137

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России интенсивно развивается строительство зданий и сооружений из бетонных и железобетонных конструкций. Все шире используются новые технологии при производстве строительных материалов и в строительстве зданий и сооружений. Разрабатываются новые своды правил и требования для зданий и сооружений различного функционального назначения. В условиях реформирования нормативной базы специалисту судебной экспертизы важно на высоком профессиональном уровне уметь оценивать поведение основных строительных конструкций при пожаре, грамотно предлагать эффективные способы их огнезащиты, проводить расчеты прочности и устойчивости строительных конструкций при огневом воздействии. Курсовой проект по дисциплине «Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС» помогает курсантам и студентам упорядочить и закрепить знания, полученные при изучении курса дисциплины с помощью учебного пособия [1]. Развивает мышление обучаемого как специалиста. Курсовой проект охватывает весь спектр обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений от расчета фактической огнестойкости при проведении пожарно-технической экспертизы строительных конструкций до разработки комплекса мер по увеличению огнестойкости строительных конструкций и здания в целом.

В учебно-методическом пособии приводится определение предела огнестойкости по потере несущей способности железобетонных конструкций, приведены указания к СТО 36554501-006-2006 [2] по расчету огнестойкости во время пожара и огнесохранности после пожара, положения, детализирующие эти указания, примеры расчета элементов, а также рекомендации по проектированию.

В учебно-методическом пособии представлены сведения о содержании, оформлении, порядке выполнения и защиты курсового проекта. Курсовой проект выполняется на базе дисциплин: «Физика», «Теория горения и взрыва», «Термодинамика и теплопередача», «Химия», «Физико-химические основы развития и тушения пожаров», «Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС».

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН

Единицы физических величин приведены в пособии в системе СИ:

- сила выражена в ньютонах (Н) или в килоньютонах (кН);
- линейные размеры в мм (для сечений) или в м (для элементов);
- распределенные нагрузки и усилия в кН/м или Н/мм;
- напряжения, сопротивления, модули упругости в мегапаскалях (МПа).

Поскольку $1 \text{ МПа} = 1 \text{ Н/мм}^2$, при использовании в примерах расчета формул, включающих величины в МПа (напряжения, сопротивления, модули упругости), для удобства расчета они переводятся в Н/мм^2 . Остальные величины приводятся только в Н и мм (мм^2). В таблицах нормативные и расчетные сопротивления и модули упругости материалов приведены в МПа и в кгс/см^2 .

Усилия от внешних нагрузок и воздействий в поперечном сечении элемента

M – изгибающий момент или момент внешних сил относительно центра тяжести приведенного сечения, $\text{кН}\cdot\text{м}$;

N – продольная сила, кН ;

M_{sh} , M_b , M_{tot} – моменты относительно центра тяжести приведенного сечения соответственно от кратковременных нагрузок, от постоянных и длительных нагрузок и от всех нагрузок, $\text{кН}\cdot\text{м}$.

Характеристики материалов

R_b , $R_{b,ser}$ – расчетные сопротивления бетона осевому сжатию для предельных состояний соответственно первой и второй групп, МПа;

R_{bt} , $R_{bt,ser}$ – расчетные сопротивления бетона осевому растяжению для предельных состояний соответственно первой и второй групп, МПа;

R_s , $R_{s,ser}$ – расчетные сопротивления арматуры растяжению для предельных состояний соответственно первой и второй групп, МПа;

R_{sw} – расчетное сопротивление поперечной арматуры растяжению, МПа;

R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры сжатию для предельных состояний первой группы, МПа;

E_b – начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении, МПа;

E_s – модуль упругости арматуры, МПа.

Геометрические характеристики

b – ширина прямоугольного сечения; ширина ребра таврового и двутаврового сечений ригеля, плиты перекрытия, колонны, мм (м);

b_f , b'_f – ширина полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах ригеля, плиты перекрытия, колонны, мм (м);

h – высота прямоугольного, таврового и двутаврового сечений, мм (м);

h_f , h'_f – высота полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах, мм (м);

a, a' – расстояния от равнодействующей усилий в арматуре соответственно S и S' до ближайшей грани сечения, мм (м);

h_o – рабочая высота сечения, равная $h - a$, мм (м);

x – высота сжатой зоны бетона, мм (м);

ξ – относительная высота сжатой зоны бетона, равная $\frac{x}{h_o}$;

e_o – эксцентриситет продольной силы N относительно центра тяжести приведенного сечения, мм (м);

e, e' – расстояния от точки приложения продольной силы N до равнодействующей усилий в арматуре соответственно S и S' , мм (м);

e_s – расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести площади сечения арматуры S , мм (м);

l – пролет элемента, мм (м);

l_o – расчетная длина элемента, подвергающегося действию сжимающей продольной силы, мм(м);

d – номинальный диаметр стержней арматурной стали, мм (м);

A_s, A'_s – площади сечения арматуры соответственно S и S' , мм² (м²);

A_{sl} – площадь сечения одного стержня продольной арматуры, мм² (м²);

A – площадь бетона в поперечном сечении, мм² (м²);

A_b – площадь сечения сжатой зоны бетона, мм² (м²);

A_{red} – площадь приведенного сечения элемента, включающая площадь бетона, а также площадь всей продольной арматуры, умноженная на отношение модулей упругости арматуры и бетона, мм² (м²);

I – момент инерции сечения бетона относительно центра тяжести сечения элемента (м⁴);

I_{red} – момент инерции приведенного сечения элемента относительно его центра тяжести (м⁴);

W_{red} – момент сопротивления приведенного сечения элемента для крайнего растянутого волокна, определяемый как для упругого материала;

D – диаметр кольцевого или круглого сечения, мм (м).

S – обозначение продольной арматуры.

Примененные индексы буквенных обозначений и поясняющие слова

Однбуквенные индексы

a – случайный (*accidental*);

b – бетон, сжатый бетон (*beton*);

c – сжатие (*compression*);

e – эксцентриситет (*eccentricity*);

f – полка балки (*flange*);

h – горизонтальный (*horizontal*);

m – момент (*moment*);

n – нормативный (*normative*);

q – поперечная сила Q ;
 R – расчетное сопротивление R ;
 s – арматура, сталь (*steel*);
 t_{tem} – температура (*temperature*);
 u – предельный, крайний (*ultimate*);
 v – вертикальный (*vertical*);
 w – ребро или стенка балки (*web*);
 x – в направлении оси x или в сечении x ;
 y – в направлении оси y ;
 y – предел текучести (*yield point*).

Двух- и трехбуквенные индексы

cr – критический (*critical*);
 crc – трещинообразование, трещина (*cracking*);
 inc – отогнутый, наклонный (*inclined*);
 max – максимальный (*maximal*);
 min – минимальный (*minimal*);
 red – приведенный (*redacted*);
 ser – эксплуатационный (*service*);
 sh – кратковременный (*short*);
 tot – суммарный, полный (*total*);
 web – ребро или стенка балки.

Примечание. Двух- и трехбуквенные индексы отделяются от других индексов запятой. Однобуквенные индексы запятыми не разделяются.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цели и задачи

Курсовой проект является важной формой обучения и контроля знаний, умений и навыков курсантов и студентов.

Курсовой проект должен отвечать ряду обязательных требований:

- самостоятельность выполнения;
- связь предмета исследования с актуальными проблемами современной науки и практики;
- логичность изложения, убедительность представленного материала, аргументированность выводов и сообщений;
- научно-практическая значимость работы.

Курсовой проект выполняется на основании рабочих планов, рабочих программ Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России для подготовки специалистов по специальности 40.05.03 «Судебная экспертиза» специализация «Инженерно-технические экспертизы» (уровень специалитета) [3].

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС» ставит перед обучаемыми следующие задачи:

- систематизировать, закрепить и углубить теоретические знания в области разделов: строительные материалы, их поведение в условиях пожара; строительные конструкции и их поведение в условиях пожара;
- развить навыки самостоятельной работы со справочной, нормативной литературой;
- развить навыки и умения проводить пожарно-техническую экспертизу строительных конструкций;
- научиться профессионально разрабатывать противопожарные мероприятия по увеличению огнестойкости строительных конструкций и оформлению предписаний ГПН;
- научиться рассчитывать огнестойкость строительных конструкций для того, чтобы иметь представление о влиянии на нее множества факторов в условиях пожара. Развивать уровень инженерного мышления при проектировании и проведении пожарно-технической экспертизы строительных конструкций;
- развить навыки по оформлению результатов работы в виде пояснительной записки;
- развить навыки при работе с чертежами строительных конструкций. Совершенствовать чтение чертежей и вычерчивание различных элементов в соответствии с требованиями ЕСКД.

Курсовой проект выполняется на базе дисциплин: «Физика», «Теория горения и взрыва», «Термодинамика и теплопередача», «Химия», «Физико-химические основы развития и тушения пожаров», «Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС» (1, 2 разделы).

Курсовой проект выполняется по двум заданным строительным конструкциям в соответствии с вариантом задания для *производственного здания*.

Номер варианта задания по курсовому проектированию определяет преподаватель (руководитель выполнения проекта, как правило, по номеру обучаемого в учебном журнале), им же определяется срок сдачи проекта на рецензирование и срок индивидуального собеседования (защиты) в соответствии с утвержденным план-графиком.

Исходные данные для выполнения курсового проекта следует брать из табл. №1.8 задания по номеру варианта. В каждом варианте определяется номер плиты перекрытия, ригеля или колонны. Далее в пособии по номеру строительной конструкции находят нужный чертеж и пояснения к нему. Курсант (студент) выбирает необходимые данные для расчета, составляет самостоятельно расчетную схему для каждой конструкции (плита перекрытия, ригель или колонна).

Исходные данные для расчета огнестойкости каждой строительной железобетонной конструкции указаны на чертежах.

Дополнительные данные для выполнения курсового проекта следует определять из справочной и нормативно-технической литературы с обязательной ссылкой по тексту на источники.

1.2. Теоретическая часть

Выполнению курсового проекта должно предшествовать изучение теоретического материала дисциплины. Особое внимание должно быть уделено разделам учебного пособия «Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС» [1]:

3.1. Виды и свойства каменных материалов. Применение каменных материалов в строительстве.

3.2. Особенности поведения каменных материалов в условиях пожара.

4.1. Металлы и сплавы, их поведение в условиях пожара.

4.2. Особенности поведения металлов и сплавов в условиях пожара.

8.1. Общие принципы объемно-планировочных решений зданий.

9.1. Несущие и ограждающие строительные конструкции, их пожарная опасность.

9.2. Общие сведения о строительных конструкциях: каркас здания, стены здания, перекрытия и крыша.

10.1. Пожарно-техническая классификация строительных конструкций.

10.2. Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений.

11.1. Поведение железобетонных строительных конструкций в условиях пожара. Изгибаемые, сжатые, растянутые элементы.

11.2. Способы повышения огнестойкости железобетонных строительных конструкций.

14.1. Пожарно-техническая экспертиза строительных конструкций.

1.2.1. Общие принципы объемно-планировочных решений зданий

Строительство является одной из основных сфер производственной деятельности человека. В процессе строительного производства создаются отдельные элементы, конструкции и в конечном итоге здания и сооружения. Многообразие типов зданий и сооружений порождает необходимость в их классификации.

Рассмотрим первоначально термины «помещение», «здание» и «сооружение» и их определения в соответствии с [4].

1. Помещение – часть объема здания или сооружения, имеющая определенное назначение и ограниченная строительными конструкциями.

2. Сооружение – результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов.

Различают следующие виды сооружений:

- транспортные, предназначенные для функционирования железнодорожного, авиационного и водного транспорта;
- гидротехнические, (речные и морские), обеспечивают хозяйственную деятельность человека на естественных и искусственных водоёмах;
- ёмкостные, предназначенные для хранения жидких и газообразных веществ.
- грунтозащитные: подпорные стенки, селеприёмники, защитные козырьки от лавин на дорогах и др.
- сооружения связи: радиоантенны, телевышки.
- технологические сооружения промышленных предприятий: эстакады, этажерки, транспортёры и др. Обеспечивают функционирование технологических линий по производству промышленной продукции.
- сооружения сельскохозяйственных предприятий.
- инженерные сети – сооружения (трубопроводы, кабели, тоннели), объединённые в системы и предназначенные для перемещения различных сред и энергоресурсов.

3. Здание – результат строительства, представляющий собой объемную строительную систему, имеющую надземную и (или) подземную части, включающую в себя помещения, сети инженерно-технического обеспечения и системы инженерно-технического обеспечения и предназначенную для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных.

По назначению все здания подразделяются на следующие виды:

- жилые, предназначенные для проживания людей;
- общественные. Обеспечивают удовлетворение трудовых, общественных и бытовых потребностей населения. К ним относятся административные, учебные, культурно-массовые, зрелищные, спортивные, торговые и бытовые здания;

- промышленные. В них создаются, хранятся и перерабатываются предметы материального производства и энергоресурсы.

- сельскохозяйственные.

Объемно-планировочным решением здания называется объединение помещений избранных размеров и формы в единую композицию. Из определения следует, что при разработке объемно-планировочного решения оперируют определенным составом помещений, которые в определенном порядке размещают в объеме здания.

Основой объемно-планировочного решения является происходящий в здании процесс. По характеру процессы весьма разнообразны. Это может быть производственный процесс, основанный на определенной технологии, или процесс обучения и воспитания детей, происходящий по определенному режиму; это может быть процесс, связанный с бытом или отдыхом людей и т.д.

От характера процесса зависят количество участвующих в нем людей, необходимое для его организации оборудование, требуемое благоустройство и другие элементы. Совокупность элементов, составляющих процесс, определяет габариты и форму помещений, способы их взаимосвязи и порядок размещения в объеме здания. Процессы отличаются не только по характеру, но и по сложности организации. Функциональный процесс, происходящий в жилом доме, отличается от протекающих в большинстве общественных зданий функционально-технологических процессов, складывающихся зачастую из нескольких сливающихся воедино процессов (например, процесс подготовки и организации театрального действия и зрелищный процесс в театре) или существовать параллельно (например, работа зрительного зала, кружковых, библиотеки в доме культуры).

В целях создания оптимального объемно-планировочного решения функциональные процессы приводят в определенную систему, которая устанавливает, как должны быть взаимосвязаны между собой отдельные помещения или группы родственных по назначению помещений, обеспечивающих последовательность развития процесса. Графически система взаимосвязей помещений может быть представлена в виде функциональной (технологической) схемы, на которую условно в виде прямоугольников или квадратов наносят помещения и указывают связь между ними.

Набор размещаемых в зданиях типов помещений ограничен. Это основные, вспомогательные, обслуживающие и коммуникационные помещения. К последним относятся входные узлы, коридоры, галереи, переходы, холлы, лестничные клетки.

Объединение помещений в единую композицию в объеме здания осуществляется по схеме, которая называется планировочной. Планировочная схема разрабатывается при проектировании любого здания, поэтому число схем не ограничено. Но в любой из них можно найти элементы четырех основных планировочных схем: коридорной (галерейной), секционной, анфиладной, зальной (рис. 1.1).

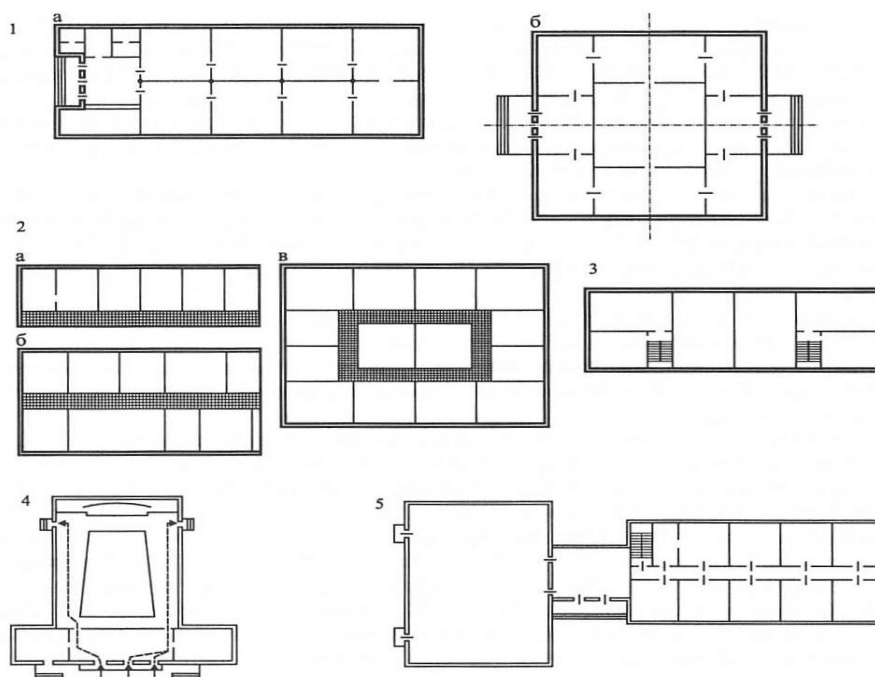


Рис 1.1. Объемно-планировочные схемы зданий: 1 – анфиладная: а – протяженная, б – центрическая; 2 – с горизонтальными коммуникациями: а – галерейная, б – коридорная, в – коридорно-кольцевая; 3 – с вертикальными коммуникациями (секционная); 4 – зальная; 5 – комбинированная

В коридорной схеме помещения относительно небольших размеров объединяют коридором и располагают относительно него с одной (двух) сторон или по периметру. Такая схема применяется при проектировании общежитий, гостиниц, больниц, домов отдыха, жилых домов для малосемейных, общежитий, гостиниц, больниц, домов отдыха, жилых домов для малосемейных.

В галерейной схеме (вариант коридорной схемы) помещения располагают по одну сторону открытой в окружающую среду галереи. Схема получила распространение при проектировании гражданских зданий в районах с жарким климатом.

Секционная схема, представляющая собой сочетание изолированных и, как правило, одинаковых по планировке отсеков-секций, является основной при проектировании жилых домов.

Анфиладная схема, в которой помещения, расположенные один за другим, соединяются через дверные проемы, размещаемые, как правило, на одной оси, находит применение при проектировании музеев, выставочных залов, некоторых магазинов.

При зальной схеме имеется одно помещение больших размеров (зальное), которое располагают обычно в центре здания, и помещения меньших размеров, которые группируют вокруг зального. Одно- или многозальная планировочная схема используется при проектировании театров и кинотеатров, рынков, торговых центров, спортивно-зрелищных предприятий, промышленных и сельскохозяйственных объектов.

В большинстве случаев планировочные схемы комбинируются из двух-трех основных. Такие схемы называют смешанными.

Высокие темпы строительства могут быть обеспечены только при интенсивном использовании индустриальных методов возведения зданий, монтажа их из унифицированных типовых конструкций заводского изготовления. Возможность применения данного метода обеспечивается лишь в том случае, если параметры строительных конструкций соответствуют планировочным параметрам здания: шагу несущих конструкций, пролету, высоте этажа.

Для достижения требуемого соответствия в параметрах при проектировании зданий и разработке строительных конструкций применяется единая модульная система (ЕМС), основной принцип которой заключается в кратности конструктивных и планировочных параметров единой величине – модулю. В качестве основного модуля (М) принята величина, равная 100 мм.

1.2.2. Конструктивные системы и схемы зданий

Возведенные здания должны быть прочными, экономичными, огнестойкими. Эти свойства зависят от конструкций, разработку которых начинают с решения принципиального вопроса конструирования – выбора конструктивной системы здания. Что же такое конструктивная система здания?

В процессе строительства и эксплуатации здание испытывает на себе действие многочисленных нагрузок, отличающихся по величине, направлению, характеру действия и месту приложения. Конструкции, участвующие в восприятии нагрузок, называют несущими. К вертикальным несущим конструкциям относятся фундаменты, стены, отдельные опоры, а к горизонтальным – перекрытия и покрытие. Размещаясь в объеме здания в определенном сочетании, несущие конструкции образуют пространственную систему, способную воспринимать все действующие на здание силовые нагрузки и воздействия и обеспечивать его прочность, жесткость и устойчивость. Эта система и называется конструктивной системой здания.

Основные несущие элементы (фундаменты, стены и т. д.) в совокупности образуют несущий остов здания, который воспринимает все нагрузки, воздействующие на здание, и передает их на основание, а также обеспечивает пространственную неизменяемость (жесткость) и устойчивость здания.

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

Понятие конструктивная система является обобщенной конструктивно-статической характеристикой здания, не зависящей от материалов, из которых оно возводится, и способа возведения.

Восприятие и передача нагрузок осуществляется конструкциями по следующей схеме.

Вертикальные несущие конструкции воспринимают действующие на здание вертикальные нагрузки (от собственной массы, оборудования, снега и др.) и передают их основанию.

Горизонтальные несущие конструкции воспринимают горизонтальные (ветровая, сейсмическая и др.) нагрузки и поэтажно вместе с собственной массой передают их вертикальным несущим конструкциям. Существует несколько способов передачи горизонтальных нагрузок. Горизонтальные нагрузки могут быть равномерно распределены между вертикальными несущими конструкциями, либо передаваться на специальные вертикальные элементы жесткости (диафрагмы, связи, стволы жесткости). Возможно и промежуточное решение с распределением горизонтальных нагрузок в различных пропорциях между вертикальными несущими конструкциями и элементами жесткости.

Горизонтальные несущие конструкции зданий массового строительства, как правило, однотипны и обычно представляют собой железобетонные диски. В отличие от горизонтальных, вертикальные несущие конструкции разнообразны. К ним относятся плоскостные элементы (стены, диафрагмы жесткости), стержневые элементы сплошного сечения (стойки каркаса), объемно-пространственные элементы высотой в этаж (объемные блоки), внутренние объемно-пространственные полые стержни на высоту здания в виде стволов (ядер) жесткости, внешние объемно-пространственные несущие конструкции на высоту здания в виде тонкостенной оболочки замкнутого сечения.

Тип вертикальной несущей конструкции определяет тип конструктивной системы здания. Различают основные, комбинированные и смешанные конструктивные системы. Основных систем пять: бескаркасная (стенная), каркасная, объемно-блочная, ствольная и оболочковая. Выбор конструктивной системы при проектировании основан на объемно-планировочных, архитектурно-композиционных и экономических требованиях.

Бескаркасная (стенная) конструктивная система является основной в проектировании зданий мелкоячеистой объемно-планировочной структуры: квартирных жилых домов, общежитий, гостиниц, спальных корпусов домов отдыха, больниц и др. (рис. 1.2).

Стены воспринимают все вертикальные, а через перекрытия и все горизонтальные нагрузки, действующие на здание. Система включает три варианта конструктивной схемы. Общим для всех вариантов схем является способ восприятия горизонтальных нагрузок.

Бескаркасные здания из кирпича, мелких камней и блоков возводят обычно с продольными несущими наружными и внутренними стенами. Бескаркасные крупноблочные здания со стенами из бетонных и других блоков имеют конструктивные схемы с поперечными и продольными несущими стенами.

Бескаркасные крупнопанельные здания бывают с тремя продольными несущими стенами и с поперечными несущими стенами (перегородками).

В домах с поперечными несущими стенами (перегородками) все основные элементы – несущие: поперечные стены-перегородки, внутренняя продольная и наружные стены.

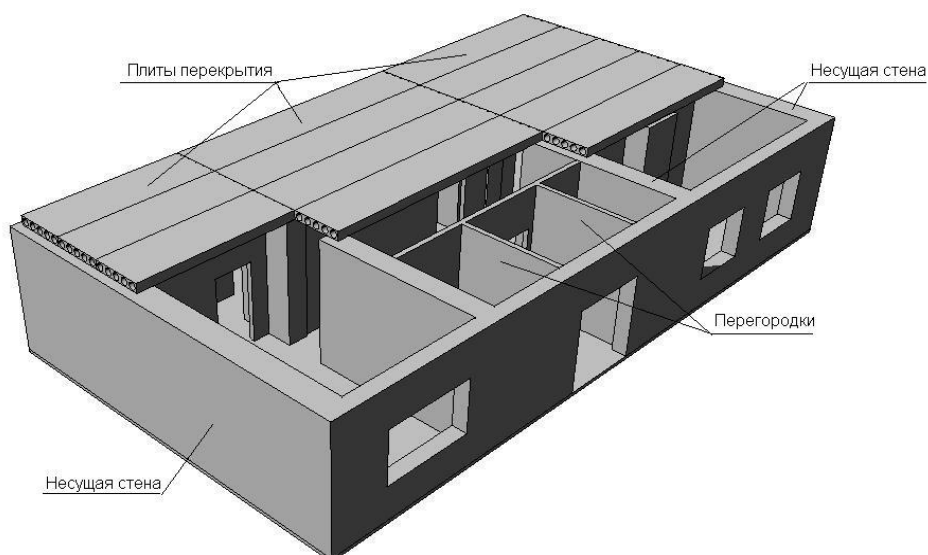


Рис. 1.2. Бескаркасная (стенная) конструктивная система

Каркасная конструктивная система (рис. 1.3) является основной в проектировании производственных и сельскохозяйственных зданий, а также общественных и жилых зданий повышенной этажности. По сравнению с бескаркасной, эта система имеет ряд преимуществ. Так, замена протяженных несущих стен на редко расставленные колонны обеспечивает значительное снижение массы здания и максимальную свободу планировочного решения. Основным преимуществом полнокаркасных зданий является четкое разграничение функций между каркасом, воспринимающим все нагрузки и стенами, являющимися только ограждениями.

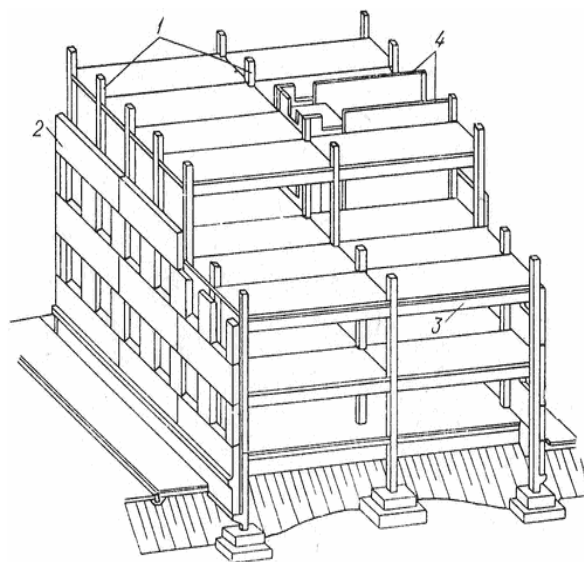


Рис. 1.3. Каркасная конструктивная система

Каркасными сооружают, как правило, общественные и административные здания. В последние годы строят также и каркасные многоэтажные жилые дома. В зданиях с полным каркасом несущий остов состоит из колонн и ригелей для опирания конструкций перекрытий.

Вертикальные несущие конструкции в каркасной схеме – стержневые (колонны). Их соединения с горизонтальными несущими элементами (ригелями, балками, фермами) могут быть жесткими и шарнирными. Способ соединений определяет характер работы каркасов под нагрузкой. Исходным для всех типов каркасов является рамный.

Объемно-блочная конструктивная система применялась, в основном, при проектировании жилых зданий. В этой системе вертикальными несущими элементами служат объемные блоки, включающие в себя комнату или даже квартиру. Блоки устанавливаются друг на друга столбами на всю высоту здания с передачей вертикальной нагрузки от вышележащих блоков нижележащим по контуру, двум противоположным сторонам или углам блоков. Соединенные друг с другом столбы блоков образуют достаточно прочную и жесткую структуру, способную воспринимать все вертикальные и горизонтальные нагрузки, действующие на здание.

Объемно-блочные здания возводят из крупноразмерных элементов – объемных блоков, которые представляют собой готовую часть здания, например, комнату, размеры объемных блоков зависят от схемы разрезки здания на блоки-комнаты (рис.1.4). Такие дома имеют две конструктивные схемы: блочную и блочно-панельную. Блочные здания возводят только из объемных блоков, устанавливаемых вплотную друг к другу, в блочно-панельных – объемные блоки устанавливают на расстоянии один от другого так, что между ними образуется комната, которую перекрывают панелями.

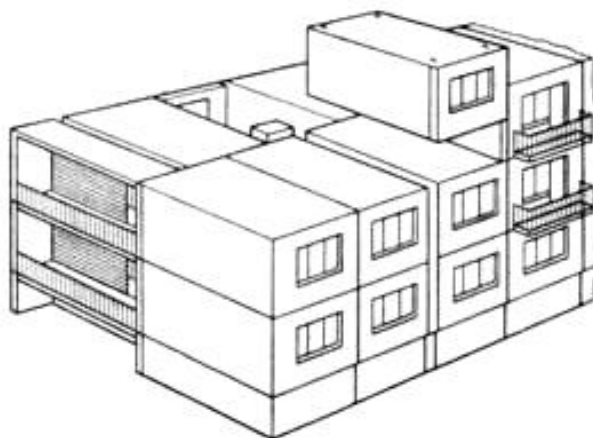


Рис. 1.4. Объемно-блочная конструктивная система

Ствольная конструктивная система – нетрадиционная система, используемая при проектировании высотных жилых и общественных зданий башенного типа (рис. 1.5). Вертикальным несущим элементом, воспринимающим все вертикальные и горизонтальные нагрузки, является жесткий сердечник – ствол центрального лестнично-лифтового узла, площадь которого составляет 10-25% площади здания. Стены стволов монтируют из отдельных панелей, жестко соединенных друг с другом и с фундаментом, либо выполняют монолитными. Применяются перекрытия консольного типа. Система допускает устройство подвешенных этажей.

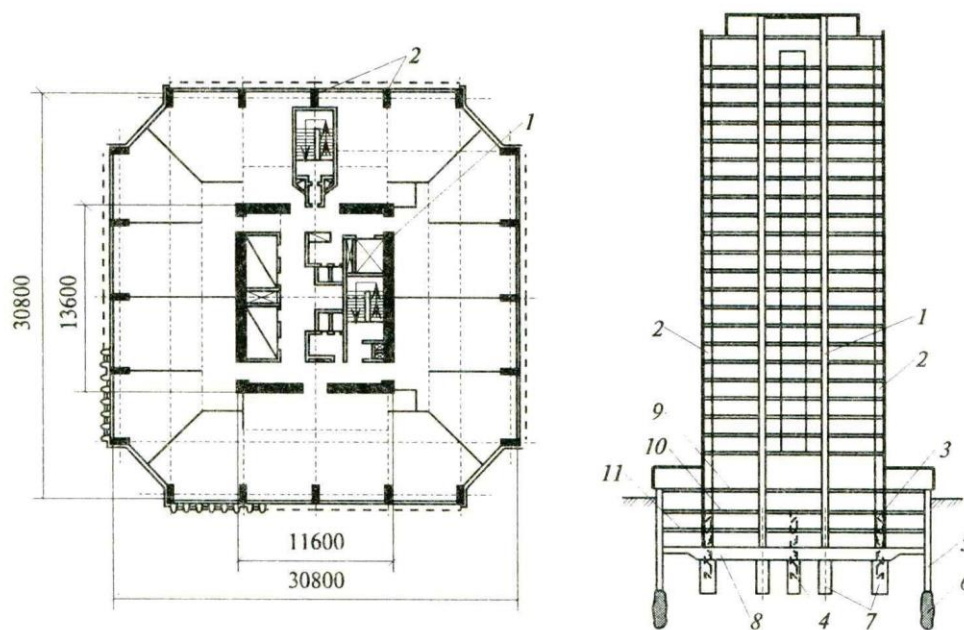


Рис. 1.5. Пример здания со ствольной системой

Оболочковая конструктивная система или система с несущими наружными объемно-пространственными жесткостными конструкциями используется редко – в зданиях высотой до 100 и более этажей (рис. 1.6). В основном варианте системы несущая часть здания представляет собой наружную оболочку – вертикальную пространственную замкнутую конструкцию, жестко заделанную в фундамент или в конструкции подземных этажей, которая воспринимает все вертикальные и горизонтальные нагрузки на здание. Поперечную жесткость оболочки обеспечивают жесткие конструкции перекрытий. Конструкции оболочек разнообразны. Наиболее часто применяется оболочка в виде безраскосной пространственной рамы из стоек и поэтажных ригелей.

Рамные конструкции оболочек рекомендуется использовать в зданиях высотой не более 80-ти этажей.

В более высоких зданиях жесткость рамной конструкции для восприятия больших ветровых нагрузок может оказаться недостаточной, поэтому конструкцию заменяют на связевую решетчато-раскосную. Такая конструкция оболочки используется в зданиях высотой до 110 (120) этажей и представляет собой пространственную ферму, поставленную вертикально. Горизонтальные



Рис. 1.6. Оболочковая конструктивная система

элементы фермы располагают с шагом в 10-16 этажей. В плоскости этих этажей делают жесткий дискростверк, который служит опорой для отдельной части здания, вставляемой, как блок, в каждую ячейку фермы, ограниченную рост-верками. Оболочки выполняются в зданиях высотой до 55-ти этажей из железобетона, а в зданиях большей высоты – из металла.

Наряду с основными конструктивными системами широко применяются комбинированные конструктивные системы, в которых вертикальные несущие конструкции компонуются из разнотипных элементов – стержневых и плоскостных.

В системе с неполным каркасом в качестве вертикальных несущих конструкций используются стены и стойки каркаса, между которыми с помощью жестких перекрытий распределяются действующие на здание вертикальные и горизонтальные нагрузки. Система применяется в двух вариантах: с несущими наружными стенами и внутренним каркасом или с наружным каркасом и внутренними несущими стенами. На сочетании стержневых и плоскостных вертикальных несущих конструкций основана каркасно-связевая система (каркасно-диафрагмовая, каркасно-дисковая).

Наряду с основными и комбинированными применяются смешанные конструктивные системы, основанные на сочетании в здании по его высоте или протяженности двух или нескольких конструктивных систем. В зданиях со смешанной системой возможен, например, переход от бескаркасной (стеновой) системы в типовых этажах к каркасной системе в первых или верхних этажах здания.

В пределах одной конструктивной системы пространственное положение вертикальных несущих конструкций может меняться. Вариант конструктивной системы по признаку размещения в пространстве (продольного, поперечного, перекрестного) вертикальных несущих конструкций называется конструктивной схемой здания.

Различают бескаркасную и каркасную конструктивные схемы.

Бескаркасные конструктивные схемы:

1) С продольными несущими стенами (наружными и внутренними). Традиционна в проектировании зданий малой, средней и повышенной этажности. Схему применяют при проектировании жилых и общественных зданий различного назначения (свобода планировочных решений в зданиях).

2) С поперечными несущими стенами (наружными и внутренними). Менее гибкая в планировочном отношении. Часто ее применяют при строительстве жилых зданий, реже – массовых типов общественных зданий (детских учреждений, школ и т.п.).

3) С несущими продольными и поперечными стенами (наружными и внутренними). Отсутствие гибкости в планировочном отношении. Область ее применения – только жилые здания. Распространена в проектировании многоэтажных зданий, а также зданий, строящихся в сложных геологических условиях, а также в сейсмически опасных районах.

Каркасные конструктивные схемы:

1) Продольный каркас (с продольными ригелями) – применяют в жилых домах квартирного типа и массовых общественных зданиях сложной планировочной структуры, например, в зданиях школ.

2) Поперечный каркас (с поперечными ригелями) – применяется в многоэтажных зданиях с регулярной планировочной структурой (общежития, гостиницы).

3) Безригельный каркас – используют как в многоэтажных промышленных, так и в гражданских зданиях.

4) Каркас с перекрестным расположением ригелей – выполняют чаще всего монолитным и используют в многоэтажных промышленных и общественных зданиях.

1.2.3. Несущие и ограждающие строительные конструкции, их пожарная опасность

По функциональному назначению строительные конструкции подразделяют на несущие, ограждающие и совмещающие обе эти функции. Несущие конструкции воспринимают нагрузки, возникающие в здании и действующие на него извне (от конструкций самого здания, оборудования, снега, ветра, людей); ограждающие предназначены для изоляции внутренних объемов в зданиях и сооружениях от внешней среды или между собой с учетом нормативных требований по прочности, теплоизоляции, гидроизоляции, пароизоляции, воздухопроницаемости, звукоизоляции, светопрозрачности. Те ограждающие конструкции, которые могут воспринимать передаваемые на них нагрузки, относятся к совмещающим несущие и ограждающие функции. Такие конструкции должны удовлетворять соответствующим требованиям по несущей способности, а также по теплопроводности, влаго- и воздухопроницаемости, звукоизоляции.

К основным конструктивным элементам зданий относятся: фундаменты, стены, перекрытия, перегородки, крыша, лестница, окна, двери.

Несущие строительные конструкции – это совокупность конструкций здания или сооружения, которые, статически взаимодействуя, выдерживают нагрузки, обеспечивают прочность и устойчивость постройки. Остальные конструкции здания называют ограждающими (самонесущими). Основные конструкции, принимающие нагрузки, возникающие в здании, составляют несущий остов, то есть совокупность горизонтальных (перекрытия) и вертикальных (стены, столбы, стойки, колонны и т.д.) (иногда наклонных) конструктивных элементов. Кроме остова к несущим конструкциям причисляют фундаменты (принимают нагрузки несущего остова и распределяют их на основание здания, например на несущий грунт), лестницы, крышу (плоскую крышу иногда относят к перекрытиям).

Нагрузки, которым должны противодействовать несущие конструкции, делятся на:

– постоянные: собственный вес конструкций зданий и сооружений, давление грунта на стены подвала, а также стационарных ограждающих конструкций, отделочных и др. материалов;

– временные (длительные и кратковременные): нагрузки от веса людей, мебели, стационарного оборудования, имущества, находящегося в здании стационарно (жидкости, сыпучие вещества, газы), длительные температурные, снеговые и ветровые воздействия;

– специальные (особые): нагрузки от взрывов, аварий, осадки и просадки грунтов, сейсмического воздействия, вибрации оборудования и др.

К основным требованиям, предъявляемым к несущим конструкциям, относятся:

1. технические (эксплуатационные) – восприятие и передача нагрузок при сохранении прочности, надёжности и долговечности;

2. экономические – соответствие эксплуатационных требований минимально необходимой стоимости;

3. технологические – согласованность с технологией изготовления;

4. эстетические – архитектурная выразительность;

5. экологические – охрана окружающей среды.

Вертикальные несущие конструкции воспринимают все виды воздействий и нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации здания, и через фундаменты передают их на грунт. Вертикальные опоры являются определяющим признаком для классификации несущих остовов по типам.

Известны два типа вертикальных опор: стержневые – колонны или стойки каркаса; плоскостные – стены; (можно также отнести к несущим опорам объёмные тела типа пилонов и т. п., т. е. такие элементы, у которых все три генеральных размера примерно одного порядка, но подобные опоры встречаются крайне редко).

Так, стена независимо от того, сложена ли она из бревен, выполнена ли из кирпича или из сборных панелей, всегда рассматривается как плоскостной элемент, один размер которого (толщина) значительно меньше других генеральных размеров.

Исходя из такого определения, различают два основных типа несущего остова зданий: каркасный и стеновой (бескаркасный). Третий – комбинированный (или смешанный) – состоит из различных сочетаний стержневых и плоскостных вертикальных элементов (стоек каркаса и стен). Необходимо отметить и существование таких несущих остовов, в которых вертикальные опоры вообще отсутствуют, а наклонная конструкция покрытия опирается непосредственно на фундамент (арки, треугольные рамы и т. п.). Такие сооружения, применяемые в строительстве складов, ангаров и т. п. называют шатровыми.

Вся совокупность конструктивных элементов несущего остова многоэтажных зданий в каждом отдельном случае объединена между собой вполне определенным образом, образуя в пространстве единство закономерно расположенных частей, т. е. систему, которую называют конструктивной (см. преды-

душую тему). Так называют способ размещения несущих горизонтальных и вертикальных конструкций в пространстве, их взаимное расположение, способ передачи усилий и т. п.

Ограждающие конструкции зданий и сооружений – строительные конструкции (стены, перекрытия, покрытия, заполнения проёмов, перегородки и т.д.), ограничивающие объём здания (сооружения) и разделяющие его на отдельные помещения. Основное назначение ограждающих конструкций – защита (ограждение) помещений от температурных воздействий, ветра, влаги, шума, радиации и т.п. В чём состоит их отличие от несущих конструкций, воспринимающих силовые нагрузки? Это отличие условно, т.к. часто ограждающие и несущие функции совмещаются в одной конструкции (стены, перегородки, плиты перекрытий и покрытий и др.). Ограждающие конструкции разделяют на внешние (или наружные) и внутренние. Внешние служат, главным образом, для защиты от атмосферных воздействий, внутренние, в основном, для разделения внутреннего пространства здания и звукоизоляции.

По способу изготовления различают ограждающие конструкции сборные (монтируемые из готовых элементов заводского изготовления) и возводимые на месте строительства. В последнем случае для кирпичных, бетонных и железобетонных ограждающих конструкций применяют термин «монолитные». В зависимости от конструктивного решения ограждающие конструкции подразделяют на простые и комплексные (составные). Простые («однослойные») ограждающие конструкции выполняют из одного материала или из однородных штучных изделий (кирпичные стены, легкобетонные панели, гипсовые перегородки и т.п.). Комплексные («многослойные») ограждающие конструкции состоят из нескольких элементов или слоев, например несущих, изоляционных, отделочных.

Среди ограждающих конструкций особое значение придаётся наружным стенам, определяющим архитектурный облик здания; часто материал стен характеризует и конструктивный тип здания (крупноблочное, крупнопанельное, деревянное (рубленое или щитовое), кирпичное). Стены выполняют также роль вертикальных диафрагм жёсткости.

Эксплуатационные качества наружных ограждающих конструкций должны соответствовать местным климатическим характеристикам и обеспечивать необходимые санитарно-гигиенические и комфортные условия в помещениях. К внутренним ограждающим конструкциям предъявляются требования надлежащей изоляции от воздушных и ударных шумов, от тепла и влаги смежных помещений. Ограждающие конструкции должны обладать высокой прочностью, жёсткостью, устойчивостью, огнестойкостью. Необходимо также, чтобы фактура, цвет и др. декоративные качества поверхностей ограждающих конструкций отвечали назначению зданий и помещений, способствовали достижению их архитектурной выразительности.

Основные тенденции развития современного ограждающих конструкций: преимущественное использование сборных крупноразмерных конструкций индустриального изготовления с высокой степенью заводской готовности, в том числе крупных стеновых панелей (офактуренных и остеклённых), укрупнённых

комплексных перекрытий с готовым полом, объёмных элементов (блоков) с отделкой всех поверхностей; совершенствование конструкций сборных элементов и их соединительных узлов с целью снижения трудоёмкости изготовления и монтажа ограждающих конструкций и здания в целом; снижение веса ограждающих конструкций; использование для изготовления ограждающих конструкций местных строительных материалов.

Требования, предъявляемые к ограждающим конструкциям

- 1) соответствие местным климатическим характеристикам;
- 2) обеспечение санитарно-гигиенических и комфортных условий в помещениях;
- 3) обеспечение надлежащей шумо-, тепло- и гидроизоляции;
- 4) обладание высокой прочностью, жёсткостью, устойчивостью, огнестойкостью;
- 5) наличие декоративных качеств поверхности (фактура, цвет и др.).

1.2.4. Каркас здания, стены здания, перекрытия и покрытия

Рассмотрим каркасную систему зданий. Слово «каркас» происходит от франц. «carcasse», означающего «скелет». Главная особенность конструкции каркасного дома – разделение функций несущей способности здания (ее выполняет каркас) и утепления (современные теплоизоляционные, звукоизоляционные, ветрозащитные материалы).

Достоинства каркасной технологии

1. Быстрота возведения. Основным преимуществом каркасных домов является высокая скорость возведения. В отличие от кирпичных, деревянных, бетонных зданий, на возведение которых требуется от года до нескольких лет, на изготовление каркасного дома от заказа до полной готовности нужно до 1,5 месяцев, а монтаж каркаса осуществляется всего за 1-2 недели. Применяя каркасную технологию, строители выигрывают в скорости возведения зданий, ведь их, как конструктор, собирают непосредственно на строительной площадке. Ускоряет строительство и отсутствие таких трудоемких и требующих высокой квалификации процессов, как подготовка глубокого фундамента, возведение кирпичных стен, монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных перекрытий.

2. Фундаменты. Одним из главных плюсов каркасного дома является его небольшой вес: он в несколько раз легче кирпичного и намного легче деревянного. Применение каркасов на основе деревянных элементов или легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) существенно снижает толщину и вес стен и перекрытий, что позволяет применять более легкие фундаменты. Фундамент может быть монолитной плитой, столбчатым или свайно-винтовым. Он будет достаточно прочным и сможет выдержать наличие каминов и печей.

Фундамент представляет собой опорную часть, через которую передается нагрузка от здания на грунт – основание. Основание называют естественным, когда грунт под подошвой фундамента находится в состоянии его природного залегания; если грунт предварительно искусственно укрепляют, то такое основание называют искусственным. В массовом строительстве фундаменты под стены зданий сооружают, как правило, сборными: из железобетонных плит и блоков. Обычно фундаменты, имеющие плоскую подошву, подразделяют на ленточные, которые закладывают под стены, или столбчатые - в виде прямоугольных, трапециевидных и других типов отдельных опор под отдельно стоящие колонны или столбы. Фундаменты бывают и свайные, когда здание опирается на погруженные в грунт деревянные, бетонные или железобетонные сваи.

3. Теплоизоляция. Каркасные стены, собранные по всем правилам, обладают низкой теплопроводностью. В качестве утеплителя таких домов применяют в основном пенополистирол, пенополиуретан, минеральную или базальтовую вату, иногда – эковату.

4. Надежность. Качество каркасного жилья специалисты оценивают как высокое – ведь 90% всего технологического процесса проходит в заводских условиях. Проект будущего дома просчитывают на компьютере, благодаря чему все его элементы подогнаны точнее, чем при обычном строительстве.

5. Возможность свободной планировки внутреннего пространства является большим достоинством каркасного домостроения. Конструкция внутренних перегородок такова, что можно не ограничиваться простыми прямыми линиями, а использовать всю фантазию. Ограничений по форме и размерам проемов не существует, при этом создание абсолютно гладких и вертикальных поверхностей стен и перекрытий обеспечивает машиностроительная точность конструкций, в отличие от кирпичных, деревянных или панельных домов. Высокая несущая способность каркаса позволяет делать множество оконных проемов любых размеров, при желании ваши комнаты могут быть буквально залиты светом.

Недостатки каркасной технологии

Среди недостатков каркасных домов называют ограничение высоты до четырех этажей (это относится к деревянным каркасам). Увеличение этажности приводит к значительному усложнению каркаса и снижению его надежности. Есть мнение, что каркасный дом «дышит» хуже, чем кирпичный или деревянный, поэтому в нем необходима система вентиляции, а еще лучше – климат-контроля. Этот пункт расходов увеличивает стоимость такого жилья.

Типы каркасов

В современном строительстве применяют основные типы каркасов: железобетонные, деревянные и металлические. У каждого такого типа есть свои преимущества и недостатки.

1. Деревянные каркасы. Дерево уже много веков является одним из самых популярных строительных материалов. Его главные преимущества – доступность, простота обработки, довольно высокая прочность, низкая теплопроводность, малый вес. Дерево – это экологичный и относительно дешевый материал, оно отлично пилится, гвоздится, легко в работе.

Недостатки дома на основе деревянного каркаса очевидны и связаны непосредственно с этим материалом. Древесина, во-первых, легко воспламеняется, во-вторых, подвержена действию насекомых-вредителей, в-третьих, постепенно гниет. Однако современные средства защиты позволяют снизить эти риски. Используя современные материалы, можно достаточно эффективно защитить свой деревянный дом или отдельные конструкции от неблагоприятных факторов окружающей среды и воздействия огня. Конечно, ни одно из этих средств не дает 100% гарантии от пожара, т. к. не делает дерево абсолютно негорючим. Нанесение специальных составов предотвращает воздействие биологических и атмосферных факторов, однако покрытие необходимо периодически возобновлять.

2. Металлические каркасы. К главным преимуществам данных каркасов относится то, что они выдерживают большие нагрузки и очень долговечны. Поскольку стальные каркасы являются безусадочными, их использование предотвращает возникновение трещин в стенах, сделанных из материалов, подобных гипсокартону. Коттеджи, при строительстве которых применялись металлические каркасы, могут быть отделаны с использованием любых облицовочных материалов.

Металлокаркас возводится легко, быстро и технологично. Его элементы соединяют между собой с помощью обычных саморезов или заклепок. Не менее важное достоинство металлокаркаса – стабильность его геометрии при любых погодных условиях. Деревянный каркас имеет свойство неравномерно высушаться или набухать от влаги и при этом выгибаться, увеличиваться или уменьшаться в размерах. Металлический каркас остается неизменным в течение долгих лет. Он прочен и жесток, не дает усадок, не скрипит, что характерно для деревянного аналога. К тому же оцинкованная сталь устойчива к коррозии.

Недостаток металлического каркаса в том, что его стоимость примерно в два раза выше, чем деревянного. Так же предел огнестойкости металлических конструкций ниже, чем у деревянных конструкций.

3. Железобетонные каркасы. В современном строительстве железобетонные каркасы выполняют в основном сборными из унифицированных типовых конструкций заводского изготовления. Основными типами многоэтажных железобетонных каркасов являются стоечно-балочный, безбалочный и с межферменными этажами. Предел огнестойкости у железобетонных конструкций больше, чем у деревянных и металлических конструкций. Железобетон получил широкое распространение в строительстве благодаря его положительным свойствам: долговечности, стойкости против атмосферных воздействий, высокой сопротивляемости к динамическим нагрузкам и др.

Стены являются основной надземной частью здания. Они бывают наружными и внутренними. Стены, особенно в казенных зданиях, имеют значительный собственный вес и воспринимают различные нагрузки. Через стены нагрузки от других частей здания передаются на фундаменты. Такие стены называют несущими. Наружные стены являются основным вертикальным ограждением внутренних помещений здания от атмосферных осадков (дождя, снега), ветра и температурных воздействий, поэтому они должны обладать достаточными теплозащитными свойствами. Толщина стен проектируется, с одной стороны, с учетом этого требования и в зависимости от климатических условий района строительства, а с другой – с учетом обеспечения необходимой прочности и устойчивости. Нижняя часть наружной стены называется цоколем. Вверху наружные стены заканчиваются венчающим карнизом. Внутренние стены разделяют смежные помещения друг от друга, связывают противоположные наружные стены и вместе с ними создают в целом устойчивую коробку здания, чему способствует также наличие связанных со стенами перекрытий. Конструкции стен весьма разнообразны, как и строительные материалы, из которых они возводятся. В качестве таких материалов употребляют дерево, кирпич, естественные и шлакобетонные камни, бетонные блоки, железобетонные панели и др. В последнее время в строительстве широко применяются стены из крупных блоков.

Стены по назначению и расположению в здании подразделяют на наружные и внутренние. Наружные стены (5) ограждают помещения от внешней среды и защищают их от атмосферных воздействий, внутренние (7) – отделяют одни помещения от других. Как наружные, так и внутренние стены воспринимают ветровые нагрузки на здание, обеспечивают звуко- и теплоизоляцию помещений, защиту их от внешних климатических воздействий (рис. 1.7).

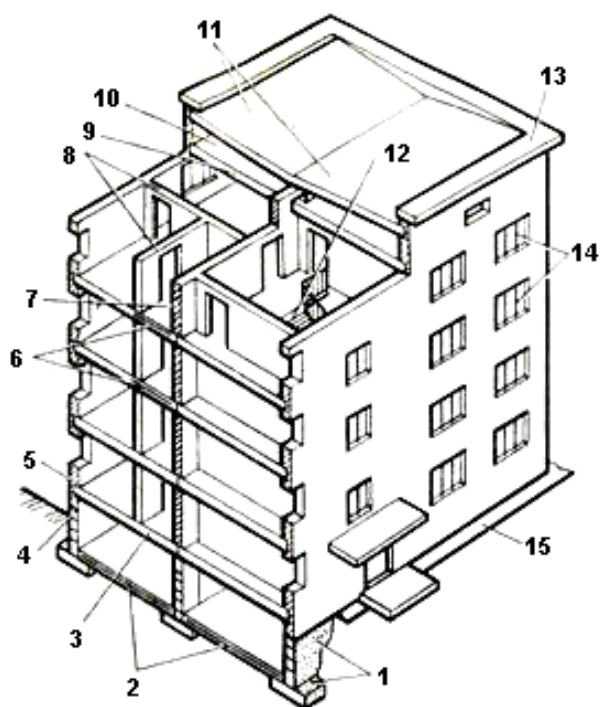


Рис. 1.7. Конструктивная схема многоэтажного здания: 1 – фундамент, 2 – пол подвала, 3 – перекрытие над подвалом, 4 – гидроизоляция, 5 – наружные стены, 6 – междуэтажные перекрытия, 7 – внутренние стены, 8 – перегородки, 9 – чердачное перекрытие, 10 – чердак, 11 – крыша, 12 – лестница, 13 – парапет, 14 – окна, 15 – отмостка

Стены бывают несущими, самонесущими и ненесущими. Несущие стены и воспринимают, и передают на фундаменты нагрузки не только от собственного веса, но и от других конструкций (перекрытия, крыши, лестницы), а также ветровые нагрузки.

Самонесущие стены передают на фундаменты нагрузки только от собственного веса. На такие стены не опираются перекрытия или другие конструкции здания.

Стены, которые только ограждают помещения зданий от внешнего пространства и передают собственный вес в пределах каждого этажа на другие несущие конструкции, называются ненесущими. Такие же стены, навешиваемые на вертикальные конструкции каркаса здания, принято называть навесными.

Стены – протяженные по длине вертикальные плоские конструкции. По характеру работы под нагрузкой они могут быть несущими, самонесущими и ненесущими (навесными). По материалу и способу возведения различают: стены построечного типа – каменные, деревянные и стены заводского изготовления – из блоков или панелей. Среди каменных стен наиболее распространены стены из кирпича, выполненные в виде сплошной кладки толщиной до 510 мм и более и облегченные, например, из двух кирпичных стенок толщиной 250 мм каждая и утеплителя из керамзита или легкого бетона.

Сплошные (однослойные) конструкции применяют во внутренних стенах и нижних рядах наружных стен зданий повышенной этажности. Область применения облегченных (слоистых) конструкций ограничивается наружными стенами зданий высотой 3-5 этажей. Крупноблочные стены гражданских и производственных зданий относят к однослойным бетонным конструкциям. Масса и размеры блоков зависят от местоположения блоков в стене и принятой схемы разрезки стены на элементы (двух- или трехрядной). Наиболее распространены блоки массой от 0,3 до 3 тонн из легкого бетона ($\rho = 1200-1800 \text{ кг/м}^3$) для наружных стен и из тяжелого бетона ($\rho = 1900-2100 \text{ кг/м}^3$) – для внутренних стен. Толщина блочных стен 300, 400, 500 и 600 мм.

Вопросы огнестойкости несущих и самонесущих железобетонных стен приобрели актуальность в связи с большим объемом строительства облегченных крупнопанельных зданий с применением ячеистых бетонов и легких бетонов на пористых заполнителях. Толщина стен в крупнопанельных зданиях высотой от 5 до 16 этажей, как правило, не превышает 18 см. На огнестойкость несущих стен влияют их толщина, состав и влажность бетона, величина нагрузки, степень сохранности горизонтальных связей. Охлаждение водой из пожарных стволов раскаленных железобетонных тонкостенных панелей не вызывало их обрушения. Экспериментальные пожары в здании показали, что на работу железобетонных плит в здании оказывают влияние заделки на опорах в несущих стенах и ненесущие кирпичные перегородки под плитами перекрытий, которые воспринимают частично нагрузку от плит, уменьшая при этом их прогиб, при условии, что ненесущая стена нагревается с одной стороны и препятствует распространению огня в соседнее помещение.

Все применяемые в строительстве природные каменные материалы являются негорючими, однако, под воздействием высоких температур в каменных материалах происходят различные процессы, приводящие к снижению прочности и разрушению.

Входящие в каменные материалы минералы имеют различные коэффициенты температурного расширения, что может привести к возникновению при нагревании внутренних напряжений в камне и появлению дефектов его внутренней структуры.

Материал претерпевает модификационное превращение структуры кристаллической решетки, связанное со скачкообразным увеличением объема. Этот процесс приводит к растрескиванию монолита и падению прочности камня из-за больших температурных деформаций, возникающих в результате резкого охлаждения.

Следует подчеркнуть, что все каменные материалы под воздействием высоких температур теряют свои свойства необратимо.

Поскольку все керамические материалы и изделия в процессе их получения подвергаются обжигу при высоких температурах, то повторное действие высоких температур в условиях пожара не оказывает существенного влияния на их физико-механические свойства, если данные температуры не достигают значений температур размягчения (плавления) материалов. Пористые керамические материалы (кирпич глиняный обыкновенный и др.), получаемые обжигом, не доводимым до спекания, могут поддаваться воздействию умеренно высоких температур, вследствие чего возможна некоторая усадка выполненных из них конструкций. Воздействие высоких температур при пожаре на плотные керамические изделия, обжиг которых ведется при температурах около 1300 °С, практически не оказывает какого-либо вредного влияния, так как температура на пожаре не превышает температуры обжига. Красный глиняный кирпич является наилучшим материалом для устройства противопожарных стен.

Перегородки служат для разделения внутреннего пространства здания между капитальными стенами на более мелкие помещения. Перегородки бывают междукомнатные и междуквартирные. Они должны быть прочными и звуконепропускаемыми. Их делают из дерева, кирпича, керамических, шлакобетонных и гипсолитовых плит и других материалов.

Перегородка – это, как правило, ненесущие ограждающие конструкции. Исключением являются перегородки, входящие элементами в коробчатую конструктивную систему здания. По способу возведения различают перегородки сборные (крупнопанельные, щитовые, из мелких плит и камней) или монолитные.

Перегородки – ограждающие элементы, которыми разделяют внутреннее пространство здания в пределах одного этажа на отдельные помещения, возводят из гипсовых, фибролитовых плит, керамических и других пустотелых камней, кирпича и других материалов. Перегородки опираются на перекрытия и на них передают собственный вес.

Крупнопанельные перегородки из гипсобетона, пеносиликата, легких бетонов, камышита изготавливают на заводах размером на помещение глухими и с проемами, армированными и без арматуры. Наибольшее применение находят вибропркатные плоские панели толщиной 60-160 мм из гипсобетона с заполнением из шлака, опилок, армированные деревянными рейками. Они имеют гладкие поверхности под окраску или оклейку обоями.

Перекрытия. Они разделяют здания по высоте на этажи. Перекрытия, разделяющие смежные этажи, называются междуэтажными; перекрытие, расположенное над подвалом, – подвальным; а перекрытие, отделяющее верхний этаж от чердака, – чердачным. Потолок представляет собой нижнюю поверхность перекрытия, ограничивающего помещение сверху. Верхней плоскостью междуэтажного перекрытия является пол.

Междуэтажные перекрытия б совмещают ограждающие и несущие функции и разделяют здание по высоте на этажи. Перекрытия 9 над верхним этажом чердачные. Перекрытия в каменных зданиях выполняют из сборных железобетонных панелей, в малоэтажных домах - из деревянных балок, к которым прикрепляют детали потолка из фанеры, древесностружечных плит или гипсокартонных листов. На перекрытия крепятся элементы настила полового покрытия.

В большинстве случаев перекрытия состоят из несущей конструкции, передающей нагрузки на стены или отдельные опоры, и заполнения. Несущими конструкциями являются железобетонные, деревянные или стальные балки. Заполнение должно обеспечивать звуко- и теплоизоляционные качества перекрытия.

Перекрытие должно быть прочным, устойчивым при приложении временных нагрузок. В помещениях с повышенной влажностью (санитарные узлы, бани, прачечные и т. п.) перекрытия должны быть водонепроницаемыми (иногда паронепроницаемыми) и незагнивающими.

Материалы для полов выбирают в зависимости от назначения и характера общей отделки помещений. Полы должны быть гладкими, но не скользкими, бесшумными при ходьбе по ним, мало тепло- и звукопроницаемыми и мало истираемыми. Полы делают из дерева, керамических плиток, асфальта, линолеума и других материалов.

Для обеспечения несущих и ограждающих функций перекрытия должны быть прочными, жесткими (не должны иметь недопустимых прогибов), при минимальной толщине и массе обеспечивать звукоизоляцию и теплозащиту разделяемых помещений, пароизоляцию, водонепроницаемость, а также быть по возможности индустриальными и экономичными. Долговечность и огнестойкость перекрытия должны соответствовать капитальности (классу) здания.

Несущими конструкциями перекрытий могут быть плиты (широкие панели или узкие настилы), балки, щиты, своды. Ограждающие конструкции (заполнение) выполняют обычно слоистыми из различных изоляционных материалов. Кроме того, в большинстве случаев в конструкцию перекрытий входят потолки и полы. Потолками называют нижнюю отделку перекрытий или отдельные конструкции из легких плит. Применение перекрытий по деревянным балкам ограничено, а по стальным – запрещено. Обычно перекрытия изготов-

ляют из сборных элементов, однако они могут быть также сборно-монолитными и монолитными.

Наиболее широко в современном строительстве применяются панельные сборные железобетонные перекрытия.

По конструкции различают следующие перекрытия:

- ребристые (балочные) в виде плит, монолитно связанных с главными и перпендикулярно расположенными к ним второстепенными балками. Если балки имеют одинаковые сечения, то образующиеся между ними квадратные углубления называют кессонами, а перекрытия – кессонными,

- безбалочные – представляют гладкую плиту, опертую на капители колонн и замоноличенную вместе с ними.

Покрытия (совмещенные крыши) гражданских зданий: различают неэксплуатируемые (используемые только в качестве ограждений) и эксплуатируемые (используемые в качестве площадок для отдыха, кафе, спортивных занятий) покрытия. Их делают сплошными или вентилируемыми. В последних между утеплителем и кровлей устраивают воздушные прослойки (продухи) для осушения покрытий и предохранения от перегрева солнечными лучами. Несущую часть их выполняют из железобетонных плит, нижняя часть которых является потолком верхнего этажа. Сверху по пароизоляции укладывают минеральный плитный или сыпучий утеплитель, делают армированную проволочной сеткой цементно-песчаную стяжку (в сплошных покрытиях) или укладывают железобетонные кровельные плиты (в вентилируемых), оставляя под ними продухи и соединяя их с наружным воздухом через отверстия в карнизах, а по ним устраивают гидроизоляцию из рулонного ковра. На эксплуатируемых покрытиях для защиты гидроизоляции от повреждений и атмосферной агрессии поверх ковра на горячей мастике укладывают дренирующий слой из мелкого гравия, а затем – пол из бетонных или каменных плит.

Крыша является верхним покрытием здания. Назначение ее – защищать здание от атмосферных воздействий (дождя, снега, ветра). Она состоит из несущих конструкций (ферм, стропил), уложенного по ним основания под кровлю (обрешетка, плиты) и водонепроницаемой кровли, выполняемой из листов кровельной стали, толя, рубероида, черепицы, асбестоцементных листов и других материалов. Крыши, как правило, делают наклонными для стока дождевых и талых вод.

Крыша совмещает ограждающие и несущие функции и служит для защиты здания от атмосферных осадков и удаления их за его пределы; состоит из железобетонных панелей, опирающихся на наружные и внутренние стены и уложенных с уклоном для организации водоотвода. Между панелями крыши и чердачными перекрытиями образуется пространство, которое называют чердаком 10. В малоэтажных зданиях крышу делают из деревянных стропил, по которым из досок устраивают обрешетку, к которой прикрепляют кровельное покрытие из асбестоцементных и других листов или кровельного железа.

Крыши имеют несущие (деревянные или железобетонные стропила, фермы, балки, арки, железобетонные плоские плиты и пространственные конструкции – своды, оболочки, складки, висячие системы) и ограждающие кон-

струкции (кровля, основание под нее в виде обрешетки из деревянных брусков и досок, в виде слоя цементного раствора или асфальта по железобетонным плитам). К крышам предъявляются требования по прочности, долговечности, водонепроницаемости, индустриальности и экономичности.

В промышленных зданиях устраивают в основном бесчердачные, совмещенные с перекрытием крыши, называемые покрытиями. К ним, как и к чердачным перекрытиям, предъявляются требования паро- и теплоизоляции. По форме профиля крыши и покрытия бывают плоскими (с горизонтальными или очень пологими скатами) или скатными для удобства водостока. Основные формы скатных крыш и покрытий: одно-, двух- и четырехскатные, а также криволинейные (цилиндрические, сферические, двойкой кривизны и т. д.).

Для покрытий помещений с большими пролетами, характерных для производственных зданий, в качестве несущих элементов применяют стропильные балки, фермы, арки, рамы, прогоны. Ограждающими элементами являются крупноразмерные железобетонные настилы в виде ребристых или гладких плит. Применяют беспрогонную, когда крупноразмерные плиты укладываются в продольном направлении непосредственно по балкам и фермам покрытия, и прогонную схему покрытия, когда по основным балкам покрытия укладывают вначале прогоны из железобетонных или стальных балок – прогонов, а по ним в поперечном направлении – настил из мелких плит.

Балки в большинстве случаев изготавливают из железобетона, и только в деревянных покрытиях с пролетами 6-15 м применяют экономичные дощатые клееные двутавровые банки из пиломатериалов низких сортов. Железобетонные фермы на пролеты до 36 м изготавливают треугольными, полигональными, сегментными, с параллельными поясами в виде цельных либо составных (собираемых на площадке) конструкций.

Стальные фермы применяют при легких покрытиях, больших пролетах (свыше 24-30 м) и шаге колонн свыше 12 м. Изготавливают их обычно из парных прокатных уголков, соединенных в узлах при помощи сварки.

1.2.5. Типы и конструкции лестниц. Лестницы и лестничные клетки, пожарно-техническая классификация

Лестница – функциональный и конструктивный строительный элемент, обеспечивающий вертикальные связи между этажами здания. Наиболее часто этот термин ассоциируется с лестницей как элементом здания, сооружения. К частным случаям лестниц можно отнести лестницы служебных машин (например, пожарной); трапы судов, самолётов и вертолётов; верёвочные лестницы, садовые стремянки, эскалаторы и пр.

Огражденное со всех сторон помещение, в котором размещается лестница, называется лестничной клеткой. Лестницы состоят из маршей и площадок. Марши состоят из косоуров (деревянные косоуры называются тетивами), ступеней, перил и поручней. Лестничная площадка состоит из площадной балки и плиты.

Конструктивные элементы лестниц

Любая лестница состоит из наклонных маршей и горизонтальных лестничных площадок (этажных и промежуточных). Ступени одного марша могут опираться на наклонные плиты (плитный марш) или на наклонные балки, рёбра (ребристый марш). Рёбра располагаются под ступенями (косоур), либо ступени врезаются в боковую поверхность балок (тетива).

Марш

Ширина лестничного марша для основных лестниц в зданиях обычно составляет 90-135 см в зависимости от классификации здания и назначения лестницы. Число ступенек в одном марше не должно превышать 16. После 16 ступенек должна быть предусмотрена площадка.

Перила

Главной задачей перил является обеспечение безопасности передвижения по лестнице. Стандартное ограждение состоит из поручня и вертикальных опорных балясин. Пространство между ними заполняется согласно требованиям интерьера. Это могут быть: параллельные прокиды, вертикальные стойки, стеклянные экраны или экраны из перфорированной стали, резное дерево, а также ручная ковка, или ковка из типовых штампованных элементов. Существует два способа крепления ограждения к лестнице: непосредственно на ступень либо к торцу ступени с помощью специальных креплений.

Основные требования, предъявляемые к лестницам:

- Прочность, устойчивость, долговечность;
- индустриальность;
- архитектурная выразительность;
- пожарная безопасность;
- удобство при передвижении;
- достаточная пропускная способность.

Лестничная клетка – пространство внутри здания, сооружения, как правило, с остекленными или открытыми наружными проемами, предназначенное для размещения лестниц (рис. 1.8).

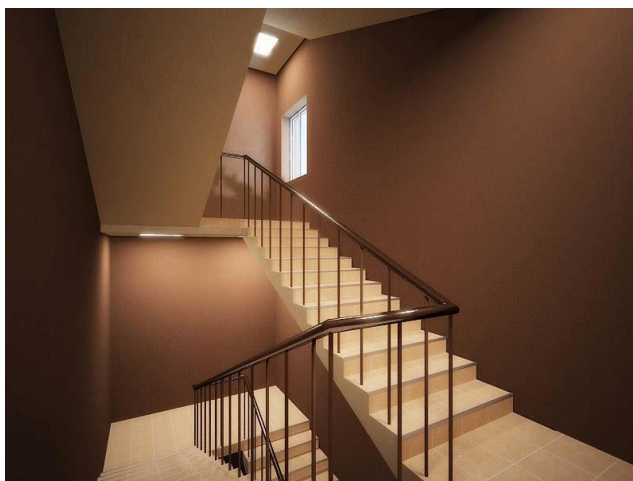


Рис. 1.8. Пример лестничной клетки

Лестничный марш – это конструктивный элемент, который опирается на две соседние лестничные площадки и соединяет их (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Лестничный марш

Лестничный марш должен быть:

- 1) безопасным;
- 2) удобным;
- 3) прочным.

Лестничный марш связывает между собой площадки. В качестве площадки может служить часть пола, примыкающего к лестничному маршу.

Лестничный пролет – свободное пространство, ограниченное лестничными маршами и лестничными площадками (рис. 1.10).

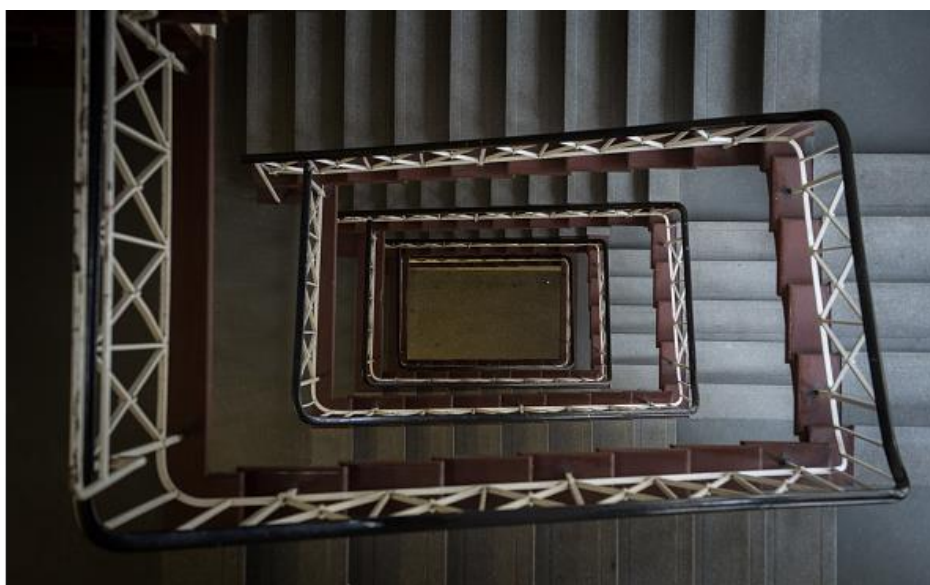


Рис. 1.10. Лестничный пролет

Промежуточная лестничная площадка – площадка, расположенная между этажами.

Этажная лестничная площадка – площадка, расположенная на одном уровне с этажом.

Ширина лестничной площадки – расстояние, измеряемое в плане между передней кромкой фризовой ступени и ограничивающими площадку строительными элементами.

Пожарно-техническая классификация лестниц и лестничных клеток [5]

Лестницы, предназначенные для эвакуации людей из зданий и сооружений при пожаре, подразделяются на следующие типы:

- 1) внутренние лестницы, размещаемые на лестничных клетках;
- 2) внутренние открытые лестницы;
- 3) наружные открытые лестницы.

Пожарные лестницы, предназначенные для обеспечения тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ, подразделяются на следующие типы:

- 1) П1 – вертикальные лестницы;
- 2) П2 – маршевые лестницы с уклоном не более 6:1.

Лестничные клетки в зависимости от степени их защиты от задымления при пожаре подразделяются на следующие типы:

- 1) обычные лестничные клетки:

Л1 – лестничные клетки с естественным освещением через остеклённые или открытые проёмы в наружных стенах на каждом этаже;

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

- 2) незадымляемые лестничные клетки:

Н1 – лестничные клетки с входом на лестничную клетку с этажа через незадымляемую наружную воздушную зону по открытым переходам;

Н2 – лестничные клетки с подпором воздуха на лестничную клетку при пожаре;

Н3 – лестничные клетки с входом на них на каждом этаже через тамбур-шлюз, в котором постоянно или во время пожара обеспечивается подпор воздуха.

1.2.6. Пожарно-техническая классификация строительных конструкций, зданий и сооружений

Строительные конструкции, здания и сооружения классифицируются по огнестойкости и пожарной опасности в соответствии с главами 9, 10 [5].

Рассмотрим основные термины и определения пожарно-технической классификации зданий и сооружений.

1) Огнестойкость строительной конструкции – способность строительной конструкции сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара [6].

2) Предел огнестойкости конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) - промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из нормированных для данной конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) предельных состояний [5].

3) степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений и отсеков [5].

4) класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании опасных факторов пожара [5].

5) класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках технологических процессов производства [5].

Строительные конструкции классифицируются по огнестойкости для установления возможности их применения в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках определенной степени огнестойкости или для определения степени огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков.

Строительные конструкции классифицируются по пожарной опасности для определения степени участия строительных конструкций в развитии пожара и их способности к образованию опасных факторов пожара.

Параметром, характеризующим предел огнестойкости строительной конструкции, называется предел огнестойкости.

Строительные конструкции зданий, сооружений и строений в зависимости от их способности сопротивляться воздействию пожара и распространению его опасных факторов в условиях стандартных испытаний подразделяются на строительные конструкции со следующими пределами огнестойкости:

- 1) ненормируемый;
- 2) не менее 15 минут;
- 3) не менее 30 минут;
- 4) не менее 45 минут;
- 5) не менее 60 минут;
- 6) не менее 90 минут;
- 7) не менее 120 минут;
- 8) не менее 150 минут;
- 9) не менее 180 минут;
- 10) не менее 240 минут;

11) не менее 360 минут.

Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются в условиях стандартных испытаний. Наступление пределов огнестойкости несущих и ограждающих строительных конструкций в условиях стандартных испытаний или в результате расчетов устанавливается по времени достижения одного или последовательно нескольких из следующих признаков предельных состояний:

1) потеря несущей способности (R);

2) потеря целостности (E);

3) потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений (I) или достижения предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от необогреваемой поверхности конструкции (W).

Предел огнестойкости для заполнения проемов в противопожарных преградах наступает при потере целостности (E), теплоизолирующей способности (I), достижении предельной величины плотности теплового потока (W) и (или) дымогазонепроницаемости (S).

Методы определения пределов огнестойкости строительных конструкций и признаков предельных состояний устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

Пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний по методикам, установленным нормативными документами по пожарной безопасности. (ст. 87) [5].

Пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций, аналогичных по форме, материалам, конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания, могут определяться расчетно-аналитическим методом, установленным нормативными документами по пожарной безопасности.

Условные обозначения пределов огнестойкости строительных конструкций содержат буквенные обозначения предельного состояния и группы (например, R 120; REI 30 и т.д.). Например, R 120 означает, что предел огнестойкости данной конструкции определен по потере несущей способности и составляет 120 мин; REI 30 – предел огнестойкости по потере несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности независимо от того, какое из этих предельных состояний наступило ранее, составляет 30 мин.

При нормировании пределов огнестойкости строительных конструкций, как правило, используются следующие характерные для строительных конструкций предельные состояния:

– для колонн, балок, ферм, арок и рам предельным состоянием является потеря несущей способности конструкции и её узлов (R);

– для несущих наружных стен и покрытий – потеря несущей способности и целостности (R, E);

– для ненесущих внутренних стен и перегородок – потеря теплоизолирующей способности и целостности (E, I);

- для несущих внутренних стен и перекрытий – потеря несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности (R, E, I);
- для светопрозрачных конструкций – потеря теплоизолирующей способности (I, W).

Основные факторы, влияющие на огнестойкость конструкций:

- 1) Температурный режим нагрева.
- 2) Величина действующей нагрузки.
- 3) Статическая схема работы конструкции.
- 4) Массивность сечения и схема обогрева.
- 5) Наличие огнезащиты.
- 6) Вид и свойства материалов, составляющих конструкцию.

В целях увеличения пределов огнестойкости железобетонных конструкций применяют:

- 1) увеличение сечения;
- 2) выбор бетона с меньшим коэффициентом температуропроводности;
- 3) увеличение толщины защитного слоя бетона;
- 4) выбор бетона с более высокой критической температурой, что достигается подбором вяжущих веществ и соответствующих заполнителей для бетонов;
- 5) нанесение штукатурок или облицовок;
- 6) выбор арматуры с более высокой критической температурой.

Для повышения пределов огнестойкости металлических конструкций следует применять:

- 1) асбестоцементные и перлитофосфогелевые плиты (минеральное волокно, асбест, вспученный перлит, вермикулит);
- 2) гипсокартонные и гипсоволокнистые листы;
- 3) обетонирование;
- 4) облицовка из кирпича;
- 5) штукатурка;
- 6) огнестойкие подвесные потолки
- 7) применение огнезащитных составов (вспучивающихся и невспучивающихся красок).

Для повышения огнестойкости деревянных строительных конструкций используются:

- 1) конструктивные способы (облицовка теплоизоляционными материалами, устройство различных экранов и противопожарных перегородок);
- 2) применение специальных огнезащитных составов (огнезащитные лаки, краски и эмали, пасты и обмазки, пропиточные составы (антипирены).

Строительные конструкции по пожарной опасности подразделяются на следующие классы:

- 1) непожароопасные (K0);
- 2) малопожароопасные (K1);

3) умереннопожароопасные (К2);

4) пожароопасные (К3).

При установлении класса пожарной опасности строительных конструкций учитывают следующие показатели:

- наличие теплового эффекта от горения или термического разложения составляющих конструкцию материалов:

- наличие пламенного горения газов или расплавов, выделяющихся из конструкции в результате термического разложения составляющих ее материалов;

- размеры повреждения конструкции и составляющих ее материалов, возникшего при испытании конструкции вследствие их горения или термического разложения;

- характеристики пожарной опасности материалов, составляющих конструкцию.

Класс пожарной опасности строительных конструкций определяется в соответствии с табл. 1 ГОСТ 30403-2012 [7].

Таблица 1.1. Порядок определения класса пожарной опасности строительных конструкций (Таблица 1 ГОСТ 30403-2012 [7])

Класс пожарной опасности конструкций	Допускаемый размер повреждения конструкций, мм		Наличие		Допускаемые характеристики пожарной опасности поврежденного материала+		
	вертикальных	горизонтальных	теплового эффекта	горения	Группа		
					горючести	воспламеняемости	дымообразующей способности
К0	0	0	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
К1	не более 400	не более 250	не регламентируется	отсутствует	не выше Г2+	не выше В2+	не выше Д2+
К2	более 400, но не более 800	более 250, но не более 500	не регламентируется	отсутствует	не выше Г3+	не выше В3+	не выше Д2+
К3	не регламентируется						

Примечание. Знак "+" обозначает, что при отсутствии теплового эффекта не регламентируется.

Численные значения критериев отнесения строительных конструкций к определенному классу пожарной опасности определяются в соответствии с методами, установленными нормативными документами по пожарной безопасности.

Одна и та же конструкция может принадлежать к различным классам пожарной опасности в зависимости от времени теплового воздействия.

Например: К0 (15) – конструкция класса К0 при времени теплового воздействия 15 мин; К1 (30) – конструкция класса К1 при времени теплового воздействия 30 мин; К2 (45) – конструкция класса К2 при времени теплового воздействия 45 мин; К1 (30) / К3 (45) – конструкция класса К1 при времени теплового воздействия 30 мин и класса К3 при времени теплового воздействия 45 мин. Временной параметр теплового воздействия при проведении испытаний выбирается в зависимости от требуемого предела огнестойкости конструкции.

Без испытаний можно установить классы пожарной опасности конструкций, выполненных только из негорючих материалов группы НГ-КО и конструкций, выполненных только из горючих материалов группы Г4-К3.

1.2.7. Классификация строительных материалов по пожарной опасности

Пожарная опасность веществ и материалов – состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва (п. 21, ст. 2[5]).

В соответствии со ст. 12 [5] классификация веществ и материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара или взрыва.

По горючести вещества и материалы (кроме строительных, текстильных и кожевенных материалов) подразделяются на следующие группы:

1) негорючие – вещества и материалы, неспособные гореть в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);

2) трудногорючие – вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления;

3) горючие – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться под воздействием источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Методы испытаний на горючесть веществ и материалов устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

Классификация строительных материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара (ст. 13[5]).

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

Строительные материалы относятся к негорючим при следующих значениях параметров горючести, определяемых экспериментальным путем:

- 1) прирост температуры – не более 50 градусов Цельсия;
- 2) потеря массы образца – не более 50 процентов;

3) продолжительность устойчивого пламенного горения – не более 10 секунд.

Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим.

Пожарная опасность строительных материалов характеризуется следующими свойствами (ч. 2, ст. 13[5]):

- 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);
- негорючие (НГ).

Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности **не определяются и не нормируются**.

Горючие строительные материалы подразделяются на 4 группы:

- слабогорючие (Г1);
- умеренногорючие (Г2);
- нормальногорючие (Г3);
- сильногорючие (Г4).

По воспламеняемости горючие строительные материалы подразделяются на 3 группы:

- трудновоспламеняемые (В1);
- умеренновоспламеняемые (В2);
- легковоспламеняемые (В3).

По скорости распространения пламени по поверхности горючие строительные материалы подразделяются на 4 группы:

- нераспространяющие (РП1);
- слабораспространяющие (РП2);
- умереннораспространяющие (РП3);
- сильнораспространяющие (РП4).

По дымообразующей способности горючие строительные материалы подразделяются на 3 группы:

- с малой дымообразующей способностью (Д1);
- с умеренной дымообразующей способностью (Д2);
- с высокой дымообразующей способностью (Д3).

По токсичности продуктов горения горючие строительные материалы подразделяются на 4 группы:

- малоопасные (Т1);
- умеренноопасные (Т2);
- высокоопасные (Т3);
- чрезвычайно опасные (Т4).

Методы испытаний по определению горючести или негорючести, а также групп пожарной опасности строительных материалов устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности (ГОСТами).

В зависимости от свойств пожарной опасности и способности к образованию опасных факторов пожара строительные материалы подразделяются на классы пожарной опасности. Всего установлено 6 классов пожарной опасности, которые обозначаются: КМ0, КМ1, КМ2, КМ3, КМ4, КМ5.

Классы пожарной опасности в зависимости от групп пожарной опасности строительных материалов приведены в табл. 3 прил. к [5] (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Классы пожарной опасности строительных материалов (табл. 3 прил. к [5])

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительного материала 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

Для определения классов пожарной опасности материалов применяются не все показатели. Перечень показателей, достаточных для присвоения классов пожарной опасности, зависит от назначения материала, и определяется по табл. 27 прил. к [5] (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности строительных материалов (табл. 27 прил. [5])

Назначение строительных материалов	Перечень необходимых показателей в зависимости от назначения строительных материалов				
	группа Г1-Г4	группа РП1-РП4	группа В1-В3	группа Д1-Д3	группа Т1-Т4
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	+	-	+	+	+

Область применения строительных материалов в зависимости от их назначения на путях эвакуации и в зальных помещениях в зданиях различного функционального назначения представлена в табл. 28 и табл. 29 прил. к [5] (табл. 1.4–1.5).

Таблица 1.4. Область применения декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов на путях эвакуации (табл. 28 прил. [5])

Класс (подкласс) функциональной пожарной опасности здания	Этажность и высота здания	Класс пожарной опасности материала, не более указанного			
		для стен и потолков		для покрытия полов	
		Вестибюли, лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе	Вестибюли, лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе
Ф1.2; Ф1.3; Ф2.3; Ф2.4; Ф3.1; Ф3.2; Ф3.6; Ф4.2; Ф4.3; Ф4.4; Ф5.1; Ф5.2; Ф5.3	не более 9 этажей или не более 28 метров	КМ2	КМ3	КМ3	КМ4
	более 9, но не более 17 этажей или более 28, но не более 50 метров	КМ1	КМ2	КМ2	КМ3
	более 17 этажей или более 50 метров	КМ0	КМ1	КМ1	КМ2
Ф1.1; Ф2.1; Ф2.2; Ф3.3; Ф3.4; Ф3.5; Ф4.1	вне зависимости от этажности и высоты	КМ0	КМ1	КМ1	КМ2

Таблица 1.5. Область применения декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов в зальных помещениях, за исключением покрытий полов спортивных арен спортивных сооружений и полов танцевальных залов (табл. 29 прил. [5])

Класс (подкласс) функциональной пожарной опасности здания	Вместимость зальных помещений, человек	Класс материала, не более указанного	
		для стен и потолков	для покрытий полов
Ф1.2; Ф2.3; Ф2.4; Ф3.1; Ф3.2; Ф3.6; Ф4.2; Ф4.3; Ф4.4; Ф5.1	более 800	КМ0	КМ2
	более 300, но не более 800	КМ1	КМ2
	более 50, но не более 300	КМ2	КМ3
	не более 50	КМ3	КМ4

Класс (подкласс) функциональной пожарной опасности здания	Вместимость зальных помещений, человек	Класс материала, не более указанного	
		для стен и потолков	для покрытий полов
Ф1.1; Ф2.1; Ф2.2; Ф3.3; Ф3.4; Ф3.5; Ф4.1	более 300	КМ0	КМ2
	более 15, но не более 300	КМ1	КМ2
	не более 15	КМ3	КМ4

1.2.8. Классификация противопожарных преград

В соответствии со статьей 37 главы 10 «Пожарно-техническая классификация строительных конструкций» [5] определяется классификация противопожарных преград.

Противопожарные преграды в зависимости от способа предотвращения распространения опасных факторов пожара подразделяются на следующие типы:

1) Противопожарные стены. Стены должны изготавливаться из негорючих материалов, обладать достаточной огнестойкостью и устойчивостью, достаточной дымогазонепроницаемостью.

2) Противопожарные перегородки. Представляют собой внутреннюю ограждающую конструкцию из негорючих материалов с нормируемым пределом огнестойкости, предназначенную для ограничения распространения пожара в горизонтальном направлении.

3) Противопожарные перекрытия. К ним относят ограждающие конструкции из негорючих материалов с нормируемым пределом огнестойкости, препятствующие распространению пожара в вертикальном направлении.

4) Противопожарные разрывы. Нормированное расстояние между зданиями, строениями и (или) сооружениями, устанавливаемое для предотвращения распространения пожара.

5) Противопожарные занавесы, шторы и экраны (экранные стены). Представляют собой дымонепроницаемую конструкцию с нормируемым пределом огнестойкости, выполненную из негорючих материалов, отделяющую по порталному проему при пожаре сценический комплекс от зрительного.

6) Противопожарные водяные завесы. Поток воды или её растворов для охлаждения и предотвращения распространения пожара через оконные, дверные и технологические проемы, за пределы защищаемого оборудования, зон или помещений).

7) Противопожарные минерализованные полосы. К ним относят искусственно созданную на почве полосу, очищенную от лесных горючих материалов до обнажения минерального слоя лесной почвы.

1.2.9. Пожарно-техническая классификация зданий и сооружений

Классификация зданий, сооружений и пожарных отсеков осуществляется с учетом следующих критериев:

- 1) степень огнестойкости;
- 2) класс конструктивной пожарной опасности;
- 3) класс функциональной пожарной опасности.

Здания и сооружения по степени огнестойкости подразделяются на здания, сооружения I, II, III, IV и V степеней огнестойкости.

Порядок определения степени огнестойкости зданий, сооружений устанавливается статьей 87 [5].

Степень огнестойкости зданий, сооружений должна устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов.

Пределы огнестойкости строительных конструкций должны соответствовать принятой степени огнестойкости зданий и сооружений (ст. 30, 87, табл. 21) [5].

Требуемая степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков устанавливается в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов по нормативным документам пожарной безопасности (с применением [6]).

По известным значениям фактических пределов огнестойкости и классов пожарной опасности строительных конструкций с помощью табл. 1.6 (табл. 21[5]) легко определить фактические значения степени огнестойкости (однако в реальной практике в них обычно не возникает необходимости).

По требуемой степени огнестойкости здания и сооружения устанавливают пределы огнестойкости железобетонных конструкций (табл. 1.6).

Предел огнестойкости противопожарных преград (стены и перекрытие) для зданий особой степени огнестойкости устанавливают REI 180; при высоте здания более 100 м – REI 240; для зданий I, II и III степеней огнестойкости – REI 150.

За предел огнестойкости железобетонных конструкций принимают время в минутах от начала огневого стандартного воздействия испытания до возникновения одного из предельных состояний по огнестойкости:

- по потере несущей способности R конструкций и узлов (обрушение или недопустимый прогиб в зависимости от типа конструкции);

- по теплоизолирующей способности I – повышение температуры на необогреваемой поверхности в среднем на 160 °С или в любой другой точке этой поверхности на 190 °С в сравнении с температурой конструкции до нагрева, или до 220 °С независимо от температуры конструкции до огневого воздействия;

- по потери целостности Е – образование в конструкции сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

Таблица 1.6. Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков (Таблица 21 приложения к [5])

Степень огнестойкости	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и надподвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				настилы (в том числе с утеплителем)	фермы, балки, прогоны	внутренние стены	марши и площадки лестниц
I	R120	E30	REI 60	RE 30	R30	REI 120	R 60
II	R90	E15	REI 45	RE 15	R15	REI 90	R 60
III	R45	E15	REI 45	RE 15	R15	REI 60	R 45
IV	R15	E15	REI 15	RE 15	R15	REI 45	R 45
V	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

Здания, сооружения по конструктивной пожарной опасности подразделяются на классы С0, С1, С2 и С3.

Класс конструктивной пожарной опасности здания (далее-ККПО) определяется степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании его опасных факторов. Необходимость определения класса конструктивной пожарной опасности здания (С0, С1, С2, С3) установлена требованиями ст. 28, ст. 31 [5]. В соответствии со ст. 28 Регламента определено обязательное требование об указании в проектной документации на объекты капитального строительства и реконструкции класса конструктивной пожарной опасности здания. Следует различать фактический ККПО зданий и допустимый.

Статья 87 Регламента [5] определяет требования к огнестойкости и пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков. ККПО, сооружений, строений и пожарных отсеков должен устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов.

Класс пожарной опасности строительных конструкций должен соответствовать допустимому классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков. Соответствие класса конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков классу пожарной опасности применяемых в них строительных конструкций приведено в табл. 22 приложения [5].

Класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков должен устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов.

Класс пожарной опасности строительных конструкций должен соответствовать принятому классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков (ст. 31, 87, таблица 22 [5]).

Таблица 1.7. Соответствие класса конструктивной пожарной опасности и класса опасности строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков (Таблица 22 приложения к [5])

Класс конструктивной пожарной опасности здания	Класс пожарной опасности строительных конструкций				
	Несущие стержневые элементы (колонны, ригели, фермы)	Наружные стены с внешней стороны	Стены, перегородки, перекрытия и бесчердачные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожарные преграды	Марши и площадки лестниц в лестничных клетках
С0	К0	К0	К0	К0	К0
С1	К1	К2	К1	К0	К0
С2	К3	К3	К2	К1	К1
С3	Не норм.	Не норм.	Не норм.	К1	К3

Исходя из классификации отметим, что:

С0 – наиболее безопасен, конструкции для него выполняются из негорючих материалов (НГ), не создающих при пожаре теплового эффекта, повреждений, токсичных веществ;

С1 – разрешено применение нескольких конструкций из малогорючих материалов (Г1);

С2 – применение для построения конструкции Г1 и Г2;

С3 – не предъявляют регламентированных требований к конструкциям (кроме лестничных клеток и ступеней лестниц, стен, противопожарных преград).

Класс функциональной пожарной опасности здания и его частей определяется их назначением и особенностями размещаемых в них технологических процессов.

Например, для зданий, сооружений и строений класса функциональной пожарной опасности Ф1.1 (здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений) должны применяться системы наружного утепления класса пожарной опасности К0.

При определении класса функциональной пожарной опасности зданий и сооружений следует исходить из их целевого назначения (ст. 32 [5]).

Здания (сооружения, строения, пожарные отсеки и части зданий, сооружений, строений – 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, строении, 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 детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений;

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

в) Ф1.3 – многоквартирные жилые дома;

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

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;

ж) Ф3.7 – объекты религиозного назначения;

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

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

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

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

г) Ф4.4 – здания пожарных депо;

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

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

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

в) Ф5.3 – здания сельскохозяйственного назначения.

1.2.10. Классификация зданий, сооружений и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории [5]:

1) повышенная взрывопожароопасность (А);

2) взрывопожароопасность (Б);

3) пожароопасность (В1 - В4);

4) умеренная пожароопасность (Г);

5) пониженная пожароопасность (Д).

Здания, сооружения и помещения иного назначения разделению на категории не подлежат.

Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

К категории А относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 градусов Цельсия в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 килопаскалей.

К категории Б относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 градусов Цельсия, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей.

К категориям В1 - В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.

К категории Г относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Категории зданий и сооружений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании, сооружении.

Здание относится к категории А, если в нем суммированная площадь помещений категории А превышает 5 процентов площади всех помещений или 200 квадратных метров.

Здание не относится к категории А, если суммированная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 квадратных мет-

ров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А и суммированная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 процентов суммированной площади всех помещений или 200 квадратных метров.

Здание не относится к категории Б, если суммированная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А или Б и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 превышает 5 процентов (10 процентов, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммированной площади всех помещений.

Здание не относится к категории В, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А, Б или В и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г превышает 5 процентов суммированной площади всех помещений.

Здание не относится к категории Г, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 квадратных метров) и помещения категорий А, Б, В1, В2 и В3 оснащаются установками автоматического пожаротушения.

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

Методы определения классификационных признаков отнесения зданий и помещений производственного и складского назначения к категориям по пожарной и взрывопожарной опасности устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

Категории зданий, сооружений и помещений производственного и складского назначения по пожарной и взрывопожарной опасности указываются в проектной документации на объекты капитального строительства и реконструкции.

1.2.11. Пожарно-техническая экспертиза строительных конструкций

Для строительных конструкций, а также зданий или сооружений важным фактором является огнестойкость. Огнестойкость – это способность строительных конструкций сохранять свои рабочие функции под действием высоких температур пожара. Огнестойкость зданий и сооружений делят на пять степеней, которым должны соответствовать пределы огнестойкости строительных конструкций.

В соответствии со степенью огнестойкости и категорией пожарной опасности производства определяют этажность здания.

Для жилых зданий количество этажей и допустимая площадь застройки находятся в зависимости от степени огнестойкости. Для промышленных зданий для определения допустимой этажности проводят вначале оценку взрывопожарной опасности производства (категорию пожарной опасности).

Огнестойкость строительных конструкций характеризуется пределом огнестойкости. Под пределом огнестойкости понимают время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность. Потеря несущей способности означает обрушение строительной конструкции при пожаре. Потеря ограждающей способности означает прогрев конструкции при пожаре до температур, превышение которых может вызвать самовоспламенение веществ, находящихся в смежных помещениях, или образование в конструкции трещин, через которые могут проникать в соседние помещения продукты горения.

Различают фактический и требуемый предел огнестойкости. Требуемая огнестойкость – тот минимальный предел огнестойкости $P_{тр}$, которым должна обладать соответствующая строительная конструкция, чтобы удовлетворить требованиям пожарной безопасности. Фактический предел огнестойкости $P_{ф}$ запроектированных или уже функционирующих конструкций определяют расчетным путем.

Условия пожарной безопасности будут соблюдены, если:

$$P_{ф} \geq P_{тр},$$

где $P_{тр}$ – требуемый предел огнестойкости;

Различают фактическую и требуемую степени огнестойкости здания (сооружения). Фактическая степень огнестойкости здания – это действительная степень огнестойкости запроектированного или построенного здания, определяемая по результатам пожарно-технической экспертизы строительных конструкций зданий и нормативным положениям.

Для определения требуемой степени огнестойкости пользуются нормативными документами, определяющими требования пожарной безопасности для зданий данного типа. При определении требуемой степени огнестойкости учитывают следующие характеристики рассматриваемого здания:

- категорию здания по пожарной опасности;
- высоту здания;

- класс конструктивной пожарной опасности;
- площадь этажа в пределах пожарного отсека;
- а также, в отдельных случаях, учитывают дополнительные требования, продиктованные уникальными особенностями зданий.

Требуемая степень огнестойкости в зависимости от указанных характеристик так же зависит и от назначения здания – и этот параметр является наиболее значимым, так как в зависимости от назначения здания, требования к его характеристикам могут сильно варьироваться.

В настоящий момент требования к степени огнестойкости зданий большинства назначений изложены в СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты (глава 6 (табл. 6.1-6.15)) [6].

Требования к зданиям и сооружениям, построенным до утверждения данного СП 2.13130.2012 [6], изложены в следующих источниках:

- СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные. актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 (с изменениями № 1, 2, 3);

- СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с поправкой, с изменениями № 1, 2, 3)

- СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 (с Изменениями № 1, 2, 3);

- СП 57.13330.2011 Складские здания. Актуализированная редакция СНиП 31-04-2001;

- СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с изменениями № 1-4);

- СП 117.13330.2011 Общественные здания административного назначения Актуализированная редакция СНиП 31-05-2003;

- СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей. актуализированная редакция СНиП 21-02-99* (с изменением № 1).

Требуемый класс конструктивной пожарной опасности определяется аналогично требуемой степени огнестойкости.

Фактическая степень огнестойкости здания (та, которой запроектированное, либо уже построенное здание обладает) классификационная характеристика, определяемая числовыми значениями показателя огнестойкости строительных конструкций – пределами огнестойкости (табл. 21 [5]).

Как следует из определения, фактическая степень огнестойкости зависит от пределов огнестойкости строительных конструкций. Для определения пределов огнестойкости строительных конструкций пользуются следующими методами:

- оценка пределов огнестойкости по имеющимся таблицам и пособиям;
- расчет пределов огнестойкости по существующим методикам;
- проведение испытаний строительных конструкций на огнестойкость организациями, имеющими лицензию на данный вид работ.

Оценка пределов огнестойкости строительных конструкций табличными методами – наиболее простой способ. Издан ряд документов содержащих большое количество справочных данных по пределам огнестойкости строи-

тельных конструкций, например, «Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, параметров пожарной опасности материалов» [8]. Также в связи с постоянным появлением новых строительных материалов и технологий, постоянно проводятся исследования пределов огнестойкости новых строительных конструкций. Однако, зачастую такую информацию бывает сложно найти. Кроме того, в устаревших изданиях (таких как указанное выше пособие) имеются данные, определенные по устаревшим методикам.

Расчет пределов огнестойкости по существующим методикам, изложенным в соответствующих ГОСТ, представляет определенную трудность в силу предъявляемых к специалистам пожарной безопасности требований по знанию нормативных документов, а также умению проводить сложные инженерные расчеты.

Проведение испытаний сторонними организациями представляет довольно затратный в финансовом отношении метод.

Как правило, определение фактических пределов огнестойкости строительных конструкций и фактической степени огнестойкости здания осуществляется на этапе проектирования зданий проектной организацией. Однако, оценка соответствия здания требованиям пожарной безопасности может проводиться и в иных случаях, например, при анализе крупных пожаров.

Фактический класс конструктивной пожарной опасности (класс, которым здание, строение или пожарный отсек обладает) – классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании опасных факторов пожара. Порядок определения фактического класса конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков устанавливается статьей 87 [5].

Класс пожарной опасности строительных конструкций должен соответствовать принятому классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков. Соответствие класса конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков классу пожарной опасности применяемых в них строительных конструкций приведено в таблице 22 приложения [5].

Пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний по методикам, установленным нормативными документами по пожарной безопасности.

Проверка соответствия строительных конструкций требованиям пожарной безопасности осуществляется методом сопоставления. Сравниваются фактические и требуемые пределы огнестойкости конструкций.

Методика проверки соответствия строительных конструкции требованиям пожарной безопасности состоит в следующем:

1. По соответствующим пунктам и таблицам нормативных документах определяют требуемую степень огнестойкости здания и требуемый класс конструктивной пожарной опасности здания с учетом назначения, этажности, площади и др. факторов (СП 2.13130.2012) [6].

2. На основании требуемой степени огнестойкости здания и требуемого класса конструктивной пожарной опасности здания находят требуемые пределы огнестойкости конструкций (табл. 21 ФЗ РФ-№123) [5].

3. Оценивают опасность строительных материалов, используемых в конструкциях, используя данные «Справочника по огнестойкости и пожарной опасности конструкций» [8] или другой справочной литературы и определяют область применения этих материалов.

4. Исходя из характеристики конструктивных элементов здания и пожарной опасности материалов строительных конструкций, по справочной технической литературе определяют фактические пределы огнестойкости конструкций и фактические классы пожарной опасности конструкций.

5. Фактические пределы огнестойкости строительных конструкций сравнивают с требуемыми пределами огнестойкости, а фактически классы пожарной опасности строительных конструкций – с допускаемыми классами пожарной опасности конструкций, после чего делают вывод о соответствии строительных конструкций требованиям пожарной безопасности.

После обобщения всех данных можно определить фактическую степень огнестойкости зданий. Фактический класс конструктивной пожарной опасности здания можно окончательно определить после проведения экспертизы противопожарных преград.

1.2.12. Оценка состояния здания и его конструктивных элементов после пожара

Предварительное обследование зданий после пожара проводится в соответствии с положениями СП 329.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила обследования после пожара [9]. Правила распространяются на здания и сооружения, поврежденные пожаром, а также на инженерные работы по обследованию после пожара строительных конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Свод правил устанавливает последовательность и состав инженерных работ по обследованию после пожара строительных конструкций зданий и сооружений, устанавливает требования к методам и критериям оценки технического состояния, выполнению поверочных расчетов и выбору методов усиления поврежденных пожаром строительных конструкций.

В своей деятельности сводом правил руководствуются не только инженерные работники специализированных организаций, занимающихся обследованием технического состояния конструкций зданий и сооружений, но и работники госпожнадзора, руководители организаций, в зданиях и помещениях которых произошел пожар.

Так, Сводом предусмотрено проведение предварительного обследования поврежденного сооружения комиссией, образованной из инженера-строителя, инженера по технике безопасности, электрика, специалиста газового хозяйства, представителей организаций, в зданиях и помещениях которых произошел пожар, и иных специалистов. В случае если нельзя будет сделать однозначный вывод о безопасности технического состояния конструкций, принимается ре-

шение о проведении инженерного обследования с привлечением специализированной организации.

По результатам обследования составляется заключение о техническом состоянии здания после пожара, в котором должны быть сделаны четкие выводы о техническом состоянии каждой дефектной конструкции и здания (сооружения) в целом.

Свод правил предназначен для инженерных работников специализированных организаций, занимающихся обследованием технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, проектировщиков, а также для руководителей предприятий, к которым относятся здания и сооружения, где произошел пожар, а также работников органов, уполномоченных на осуществление государственного пожарного контроля (надзора).

В случае происшествия пожара в здании или сооружении (далее – здание), сразу после пожара руководитель предприятия должен назначить приказом местную комиссию для проведения предварительного обследования с целью организации работ по ликвидации последствий пожара, а также техническую комиссию для расследования причин возникновения пожара.

В местную комиссию должны быть включены: представитель администрации организации (председатель комиссии), представитель генподрядной и субподрядной организаций, эксплуатирующей организации, инженер-строитель, инженер по технике безопасности, электрик и специалист по газовому хозяйству

Местная комиссия должна провести предварительное обследование здания, подвергшегося пожару, до начала работы технической комиссии по расследованию пожара.

В состав технической комиссии должен быть включен представитель инспекторской службы, ответственный за состояние пожарной безопасности объекта. Представители инспекции Ростехнадзора России включаются в состав технической комиссии по их требованию.

При необходимости, расследование может проводиться с привлечением в состав технической комиссии специалистов (экспертов) заводов - изготовителей оборудования, проектных, конструкторских, научно-исследовательских и других компетентных организаций на договорной основе.

В случае повреждения или обрушения отдельного конструктивного элемента здания вследствие пожара, не сопровождающегося несчастным случаем, расследование причин пожара допускается проводить только местной комиссией.

Предварительное обследование проводится местной комиссией с целью:

- выяснения возможности пребывания людей и выполнения технологического процесса в здании после пожара;
- выявления полностью или сильно разрушенных конструкций, а также опасных зон для пребывания людей;
- принятия решения о дальнейших мерах, направленных на ликвидацию последствий пожара собственными силами или с привлечением специализированных организаций для проведения инженерного обследования и разработки

проекта восстановления поврежденных пожаром конструкций и здания в целом;

- сбора и подготовки необходимых исходных материалов для проведения детального инженерного обследования поврежденных пожаром конструкций;
- принятия мер по ограничению (запрещению) доступа людей в зону действия пожара, за исключением специалистов, участвующих в ликвидации последствий пожара, по мере необходимости;
- организации работ по устройству страховочных опор, подмостей, лестниц и освещения в зоне пожара для безопасного проведения инженерного обследования поврежденных конструкций.

В ходе предварительного обследования местной комиссии надлежит выполнить следующие действия:

- провести осмотр зоны пожара и здания после пожара в целом как снаружи, так и изнутри, в ходе которого необходимо оценить масштаб разрушений и повреждений, получить натурные данные о длительности и максимальной температуре пожара;
- провести осмотр обрушившихся (при их наличии) и поврежденных пожаром конструкций с фиксацией их положения на фотографиях, планах и разрезах здания;
- организовать мероприятия по предотвращению дальнейших разрушений поврежденного пожаром здания, обеспечению безопасного ведения работ при разборке или временном креплении (усилении) конструкций;
- принять меры по ограничению доступа людей в аварийные зоны после пожара;
- провести опрос свидетелей пожара с целью установления вероятных причин его возникновения.

По окончании работы, местная комиссия должна составить акт предварительного обследования здания после пожара с приложением к нему таблицы результатов предварительного обследования.

В акте предварительного обследования здания после пожара должна содержаться следующая информация:

- краткое описание проектных конструктивных решений здания, подвергавшегося пожару (размеры в плане, высота, число этажей, конструкция, конструктивная схема, строительные материалы несущих и ограждающих основных конструкций);
- время обнаружения пожара, начало и продолжительность горения;
- сведения о средствах тушения пожара (из акта о пожаре от пожарников);
- зона распространения пожара и место нахождения очага пожара;
- сведения о пожарной нагрузке (что и где горело) и максимальной температуре в помещениях во время пожара;
- натурные данные о длительности и максимальной температуре воздействия пожара на строительные конструкции;
- перечень аварийных помещений и конструкций (этаж, привязка к осям на планах здания), которые необходимо немедленно оградить и в которые должен быть запрещен доступ людей в целях безопасности. При этом следует ука-

зять время окончания работ по устройству ограждения, ответственных, назначить охрану;

- выводы о необходимости (отсутствии необходимости) привлечения специализированных организаций или специалистов-экспертов для детального инженерного обследования;

- перечень работ, которые необходимо выполнить до прибытия специалистов-экспертов, включая перечень конструкций, которые необходимо демонтировать, разгрузить или временно усилить для обеспечения возможности безопасного проведения детального инженерного обследования (указать время окончания работ и ответственных);

- перечень мест, где необходимо устроить страховочные опоры (подпорки), подмости, поставить осветительную аппаратуру для выполнения детального инженерного обследования (указать время окончания работ и ответственных);

- вывод о состоянии электрической проводки, газовой и водопроводной сетей, о необходимости принятия дополнительных мер по технике безопасности, пожарной безопасности, санитарии и проведении противоаварийных работ.

К акту должна быть приложена схема зоны распространения пожара на планах и разрезах здания (сооружения) с указанием расположения очага пожара.

Руководителю предприятия, где произошел пожар, на основании акта предварительного обследования следует издать приказ о принятии необходимых мер по технике безопасности при эксплуатации пострадавших помещений, об их охране, если необходимо, и о назначении ответственных за выполнение этих мероприятий.

Характеристики температурного режима пожара (время обнаружения пожара, начало и продолжительность его интенсивного горения, максимальная средняя температура в помещении во время пожара, место нахождения очага пожара) и средства тушения пожара принимают на основании акта о пожаре.

Натурные данные о максимальной средней температуре в помещении во время пожара комиссия может получить на основании оценки температуры, при которой изменился внешний вид и форма отдельных предметов, оставшихся после пожара, температуры оплавления материалов строительных конструкций.

Эксперту перед началом детального обследования конструкций необходимо обойти здание, осмотреть помещения, где произошел пожар, и ознакомиться с:

- общим состоянием здания после пожара, отмечая трещины, дефекты, смещения и разрушения конструкций снаружи здания;

- состоянием помещений, намечая пути детального обследования, необходимые дополнительные работы для его выполнения (устройство лестниц, подмостей, освещения), и меры по технике безопасности, необходимые при обследовании.

При детальном обследовании строительных конструкций эксперту следует отмечать не только дефекты и разрушения конструкций, которые являются следствием пожара, но и любые несоответствия конструкций требованиям ГОСТов и СНИП. Последнее может также служить причиной усиления этих конструкций или замены их на новые.

Детальное обследование железобетонных конструкций, которое выполняет эксперт или группа экспертов, целесообразно проводить в следующей последовательности:

- изучить документацию;
- ознакомиться с пострадавшим объектом;
- выполнить обследование конструкций с целью выяснения их состояния после пожара;
- выполнить обследование конструкций, в наибольшей степени пострадавших от действия высокой температуры во время пожара;
- составить и передать администрации предприятия, где произошел пожар, заключение

Эксперту необходимо обследовать все железобетонные конструкции здания, где произошел пожар, пользуясь схемой классификации железобетонных конструкций по их состоянию после пожара. Окончательные выводы о состоянии конструкции делают после анализа совокупности всех факторов.

При оценке состояния конструкции следует обратить особое внимание на возможность наличия скрытых трещин в вертикальных стенках между отверстиями многопустотных плит перекрытий. Обнаруживаются эти трещины по их выходу на нижнюю поверхность бетонной плиты в виде трещины и простукиванием стенок через нижнюю поверхность и сравнением звука: звонкий нет трещин в ребре, глухой есть. В последнем необходима проверка на одной - двух плитах разбивкой бетона у трещины на поверхности плиты, осмотром стенки между отверстиями.

Если конструкция относится к состоянию III, то необходимо ее подробное дополнительное обследование.

Обследование наиболее пострадавших от пожара конструкций целесообразно выполнять в следующей последовательности:

- оценить параметры пожара (максимальную среднюю температуру среды в помещении во время пожара, фактическую и эквивалентную длительность интенсивного горения во время пожара);
- определить максимальную температуру нагрева бетона и арматуры конструкций во время пожара;
- определить прочность и дефекты бетона, арматуры после пожара.

Результатом работы эксперта после обследования здания, где произошел пожар, конструкций, на которые действовала высокая температура во время пожара, является заключение.

По результатам инженерного обследования строительных конструкций зданий (сооружений) после пожара составляется итоговый документ в виде заключения о техническом состоянии строительных конструкций здания или сооружения после пожара (далее - заключение).

Заключение подписывается специалистами-экспертами, утверждается руководителем организации, проводившей обследование, может быть согласовано с администрацией организации - владельца здания (сооружения), где произошел пожар, и представителем проектной организации. Список согласующих инстанций определяется техническим заданием.

Заключение должно содержать:

- сведения о пожаре (дата происшествия пожара, длительность пожара (фактическая, эквивалентная стандартному режиму пожара), причина возгорания, сведения о пожарной нагрузке (что и где горело), время интенсивного горения при пожаре, место расположения очага пожара, максимальная температура в помещении при пожаре, наличие условий, способствовавших развитию пожара (наличие горючего вещества и окислителя, а также источника зажигания), сведения о средствах тушения пожара (вода, пена и т.д.);

- характеристику здания (сооружения) до пожара на основе проектных данных (наименование объекта, год постройки, размеры в плане, этажность, число помещений и их краткая характеристика, конструктивная схема);

- характеристику строительных конструкций (размеры, материал конструкции, его проектные характеристики, схема работы конструкции, номера и наименования типовых чертежей);

- характеристику нагрузок на конструкции (сосредоточенная, равномерно распределенная, статическая, динамическая, их значения);

- сведения о техническом состоянии объекта и условиях эксплуатации строительных конструкций объекта до момента возникновения пожара, полученные из анализа проектной, исполнительной и эксплуатационной документации, а также на основе опроса службы эксплуатации и работников предприятия;

- оценку степени повреждения железобетонных конструкций при пожаре в зависимости от наличия тех или иных повреждений и дефектов после пожара;

- значения температур нагрева бетона и арматуры конструкций (максимальная температура нагрева арматуры и бетона, длительность нагрева), распределение температур по поперечному сечению конструкции;

- результаты обследования строительных конструкций здания (сооружения) после пожара, включая схемы расположения дефектов и дефектные ведомости, характеристику конструкции после пожара (прогибы, длина и ширина раскрытия трещин, опирание, стыки и т.д.), результаты контроля фактических прочностных характеристик материалов, а также оценку изменения (сохранения) расчетной схемы здания и конструкций после пожара;

- результаты оценки остаточной несущей способности конструкций после пожара (выполняется экспертом и указывается в заключении, в случае необходимости, по просьбе руководителя предприятия, где произошел пожар);

- оценку категории технического состояния железобетонных конструкций и здания (сооружения) в целом после пожара;

- перечни конструкций, непригодных к дальнейшей эксплуатации; пригодных, но требующих усиления или уменьшения действующих на них в процессе эксплуатации нагрузок; конструкций, для которых необходимо сделать

небольшой ремонт по восстановлению и замене части бетона и арматуры; конструкций, пригодных к эксплуатации без усиления и ремонта;

- рекомендации по восстановлению, усилению или разборке конструкций.

В заключении должны быть сделаны четкие выводы о техническом состоянии каждой дефектной конструкции и здания (сооружения) в целом.

В приложениях к заключению необходимо представить фотодокументы, характеризующие состояния строительных конструкций объекта после пожара, и другие обосновывающие материалы.

В рекомендациях по усилению или восстановлению поврежденных пожаром железобетонных конструкций должны быть приведены следующие сведения:

- перечень конструкций, подлежащих восстановлению, усилению или замене;

- описание и характеристика дефектов поврежденных конструкций, подлежащих усилению;

- характеристики фактической прочности бетона и арматуры после пожара, геометрии сечений конструкций, которые следует принять в расчет по усилению поврежденных конструкций;

- сведения о расчетной схеме здания и поврежденных конструкциях после пожара;

- рекомендуемые методы или принципиальные решения по восстановлению и усилению поврежденных пожаром конструкций.

1.3. Требования к составу курсового проекта

Курсовой проект должен состоять из пояснительной записки и графической части. Пояснительную записку следует выполнять на листах формата А-4, графическую часть на листе формата А-3. На чертеже формата А3 вычерчиваются основные строительные конструкции и представляются результаты исследований (графики, таблицы) по определению их огнестойкости и результаты пожарно-технической экспертизы.

Вариант задания на курсовое проектирование выдается руководителем (как правило, преподаватель, ведущий занятия в данной группе), и им же определяется срок сдачи курсового проекта и срок защиты (индивидуальных собеседований). Допускается выполнять курсовой проект по тематике научно-исследовательских работ, определенной кафедрой, теме дипломного проекта.

Выполнение курсового проекта ведется в часы самостоятельной подготовки. Курсовой проект оценивается руководителем на основании рецензирования пояснительной записки, графической части и результатов защиты.

1.4. Содержание пояснительной записки

1. Введение
2. Теоретическая часть
3. Характеристика здания и конструкций.
 - 3.1. Краткая характеристика здания.
 - 3.2. Краткая характеристика строительных конструкций.
 - 3.2.1. Плита перекрытия железобетонная.
 - 3.2.2. Ригель железобетонный или колонна железобетонная.
2. Определение требуемых пожарно-технических характеристик строительных конструкций.
 - 2.1. Определение требуемой степени огнестойкости здания.
 - 2.2. Определение требуемого класса конструктивной пожарной опасности здания.
 - 2.3. Определение требуемых пожарно-технических характеристик строительных конструкций.
3. Определение фактических пожарно-технических характеристик строительных конструкций.
 - 3.1. Определение фактических пожарно-технических характеристик конструкций (по Пособию по определению пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов» [8]).
 - 3.2. Определение фактической огнестойкости здания.
4. Определение фактических пределов огнестойкости конструкций расчетом.
 - 4.1. Расчет предела огнестойкости железобетонной плиты.
 - 4.2. Расчет предела огнестойкости железобетонного ригеля.
 - 4.3. Расчет предела огнестойкости железобетонной колонны.
5. Сравнение фактической огнестойкости строительных конструкций, определенных по Пособию [8] (экспериментальные данные) и полученных при помощи расчёта. Уточняется фактическая огнестойкость строительных конструкций.
6. Инженерно-технические решения, направленные на увеличение огнестойкости строительных конструкций, имеющих фактический предел огнестойкости ниже требуемого.
7. Заключение (выводы).
8. Список использованной литературы.

1.5. Указания к оформлению пояснительной записки

Работа должна быть оформлена на одной стороне стандартного листа писчей бумаги в формате А4 (296x210 мм) машинописным способом. Параметры полей страницы: верхнее – 20 мм, левое – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 20 мм. Шрифт Times New Roman 14 пт, междустрочный интервал – 1,5, интервал шрифта – обычный, выравнивание абзаца – по ширине, абзацный отступ – 1,25. Все параметры должны соответствовать действующему Положению о

курсовом проектировании в ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Материал следует излагать ясно и лаконично. Термины, определения, условные сокращения слов и т. п. должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 7.0.12-2011 «Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила».

Все листы должны быть пронумерованы. Титульный лист не нумеруется, но учитывается, номер листа проставляется в центре поля верхнего колонтитула. Нумерация рисунков, схем и таблиц в работе сквозная или по разделам. На все рисунки, схемы, таблицы, формулы и формы документов должны быть ссылки в тексте. Чертежи по формату условным обозначениям, шрифтам и масштабам должны соответствовать требованиям единой системы конструкторской документации (ЕСКД), схемы - соответствующим ГОСТам.

При использовании в тексте работы цитат, положений, заимствованных из литературы, обучающийся обязан делать ссылки на них в соответствии с установленными правилами. Заимствования текста без ссылки на источник (плагиат) не допускается.

Объем работы определяется заданием и требованиями к работе, но не должен быть менее 20 страниц машинописного текста, не считая приложений.

1.6. Указания к оформлению графической части проекта

Графическая часть курсового проекта должна быть выполнена на одном листе чертежной бумаги формата А3 с использованием графического редактора.

На листе графической части выполняются:

- чертеж плиты перекрытия с указанием: размеров плиты, основной арматуры (указывается полностью их маркировка);
- расчетная схема плиты перекрытия с указанием нагрузок и основных размеров, необходимых для расчета;
- чертеж ригеля с указанием его размеров и основной арматуры (указывается полностью их маркировка);
- расчетная схема ригеля с указанием нагрузок и основных размеров;
- график для определения расчётного фактического предела огнестойкости ригеля;
- чертеж колонны с указанием: размеров колонны, основной арматуры (указывается полностью их маркировка);
- расчетная схема колонны с указанием расчетных размеров, сечение ядра колонны, выполняющего несущую нагрузку после прогрева колонны пламенем;
- график расчета фактической огнестойкости железобетонной колонны;
- таблица «Таблица экспертизы строительных конструкций»;
- штамп чертежа (основная надпись) оформляется в правом нижнем углу, рис. 1.11.

Рис. 1.11. Образец заполнения штампа основной надписи чертежа графической части курсового проекта

При изображении железобетонных строительных конструкций плит, ригеля, колонны с расположением арматуры, контур железобетонных конструкций вычерчивается тонкой сплошной линией (0,3-0,5 толщины основной линии), а стальная арматура основной сплошной линией.

Расположение на формате А3 указанных чертежей должно быть в соответствии с примером, указанным в Приложении 15.

1.7. Варианты заданий

Таблица 1.8. Исходные данные по вариантам

№ Варианта	Плита перекрытия	Конструкция		Кол-во этажей	Ширина здания, пролеты	Длина здания, пролеты	Отношение расчетной нагрузки к нормативной	Категория здания
		Ригель	Колонна					
1	ПК-1	Р-1	-	2	3	5	1	А
2	ПК-2	Р-2	-	3	2	3	0,9	Б
3	ПК-3	Р-3	-	4	1	1	0,8	В
4	ПК-4	Р-4	-	2	3	4	0,9	Г
5	ПК-5	Р-5	-	3	2	2	0,7	А
6	ПК-6	Р-6	-	4	1	3	0,7	Б
7	ПК-7	Р-7	-	2	3	5	0,8	В
8	ПК-8	Р-8	-	3	2	2	0,9	Г
9	ПК-9	Р-9	-	4	1	3	0,8	А
10	ПК-10	Р-10	-	2	3	3	0,9	Б
11	ПК-2	-	К1	3	2	2	0,9	В
12	ПК4	-	К2	4	1	3	0,9	Г
13	ПК-6	-	К3	2	3	6	0,6	Д
14	ПК-8	-	К4	3	2	2	0,9	А
15	ПК-10	-	К5	4	1	3	0,9	Б

16	ПК-1	-	К6	2	3	4	0,8	В
17	ПК-3	-	К7	3	2	2	0,9	А
18	ПК-5	-	К8	4	1	3	0,9	Б
19	ПК-7	-	К9	2	3	3	0,6	В
20	ПК-9	-	К10	3	2	2	0,8	Г
21	ПК-3	Р-9	-	4	1	4	0,9	Д
22	ПК-6	Р-8	-	2	3	3	0,8	А
23	ПК-7	Р-7	-	3	2	3	0,9	Б
24	ПК-10	Р-6	-	4	1	3	0,7	В
25	ПК-8	Р-3	-	2	3	5	0,8	Г
26	ПК-4	Р-2	-	3	2	3	0,6	А
27	ПК-9	Р-3	-	4	1	3	0,8	Б
28	ПК-1	Р-4	-	2	3	5	0,9	В
29	ПК-2	Р-5	-	3	2	4	0,9	Г
30	ПК-3	Р-6	-	4	1	3	0,8	А
31	ПК-4	-	К1	2	3	3	0,7	Б
32	ПК-5	-	К2	3	2	2	0,6	В
33	ПК-8	-	К3	4	1	3	0,8	Г
34	ПК-3	-	К4	2	3	4	0,9	А
35	ПК-7	-	К5	3	2	2	0,9	Б
36	ПК-10	-	К6	4	1	3	0,7	В
37	ПК-8	-	К7	2	3	3	0,9	А
38	ПК-2	-	К8	3	2	5	0,9	Б
39	ПК-3	-	К9	4	1	3	1	В
40	ПК-4	-	К10	2	3	4	0,9	Г

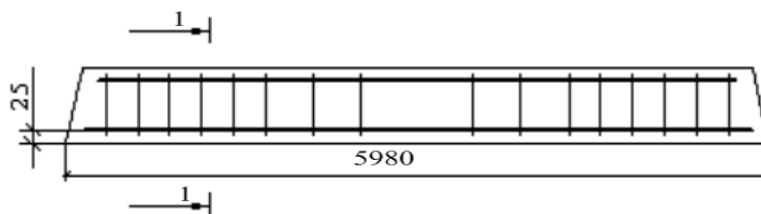
1.8. Чертежи по номеру варианта и пояснения к ним

1.8.1. Пустотные плиты перекрытия ГОСТ 9561-2016 ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МНОГОПУСТОТНЫЕ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

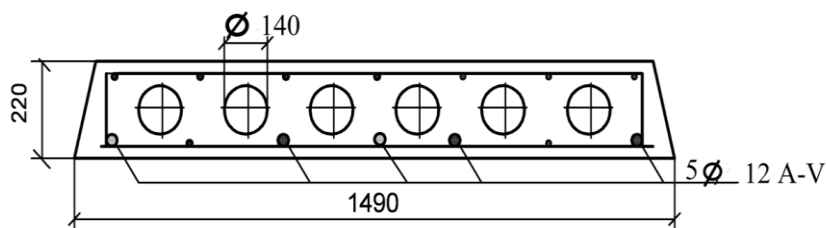
ПК -1

Плита перекрытия многопустотная (ПК 60-15-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 6 кН/м.



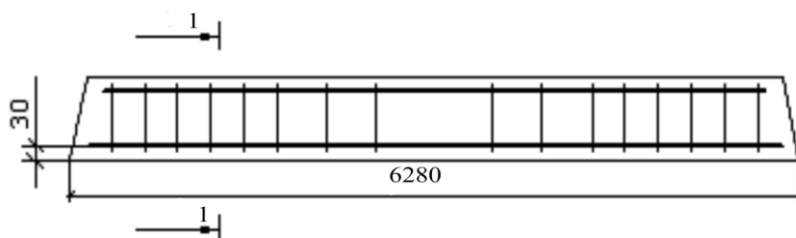
разрез 1-1



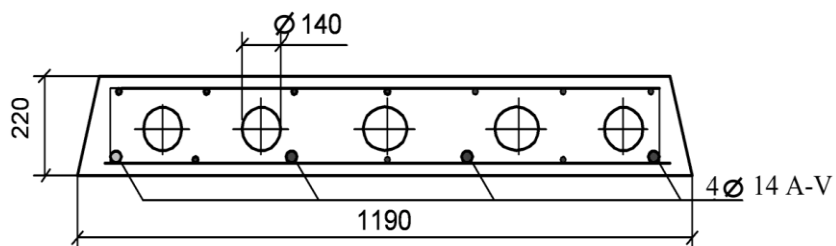
ПК -2

Плита перекрытия многопустотная (ПК 63-12-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м³. Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 8 кН/м.



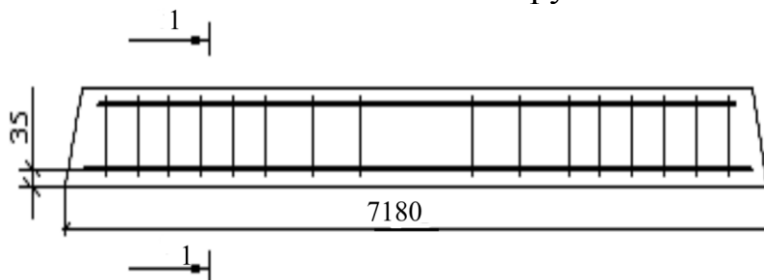
Разрез 1-1



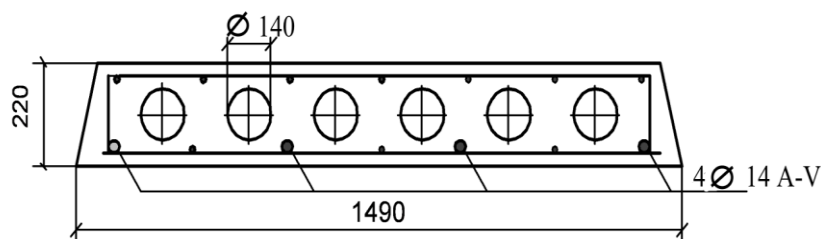
ПК -3

Плита перекрытия многопустотная (ПК 72-15-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В30. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 7 кН/м.



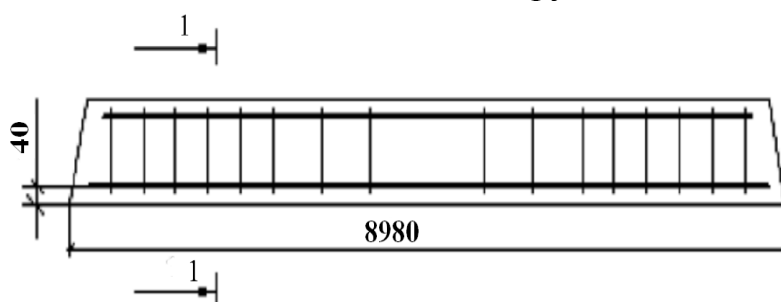
Разрез 1-1



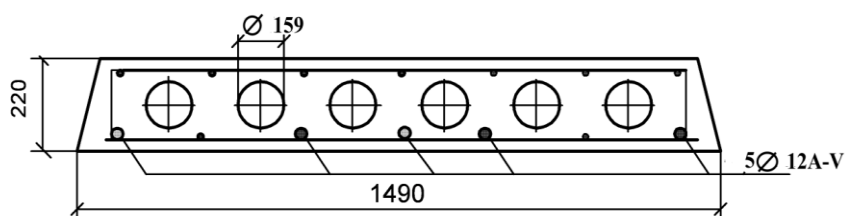
ПК -4

Плита перекрытия многопустотная (ПК 90-15-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 6 кН/м.



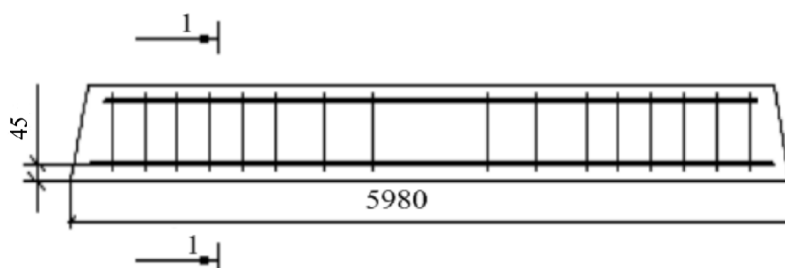
Разрез 1-1

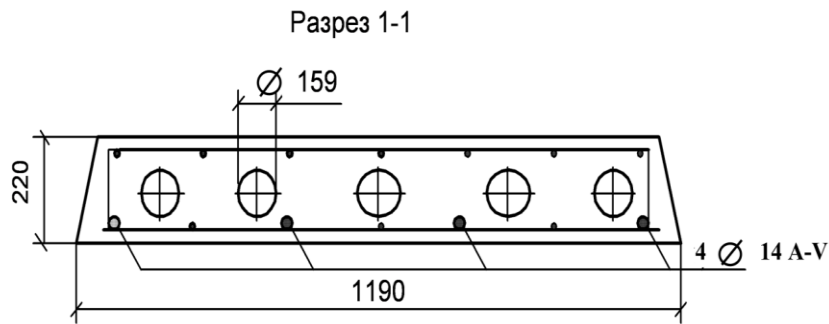


ПК -5

Плита перекрытия многопустотная (ПК 60-12-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м³. Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 8 кН/м.

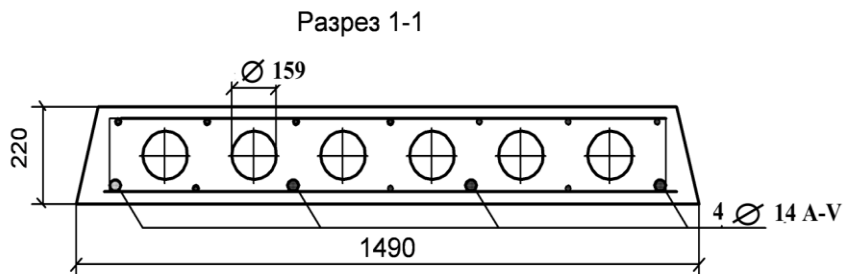
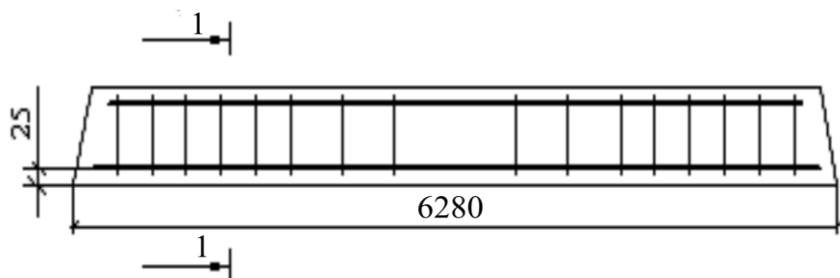




ПК -6

Плита перекрытия многопустотная (ПК 63-15-8)

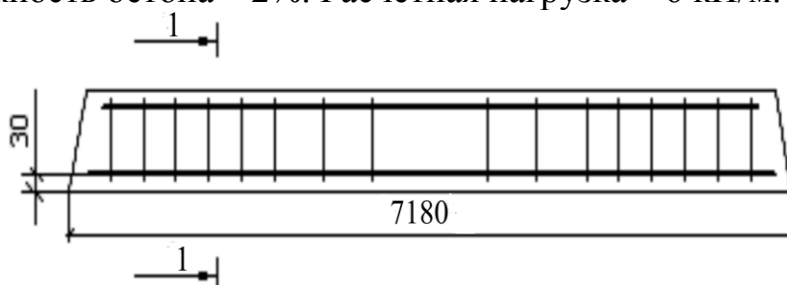
Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В30. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 5 кН/м.



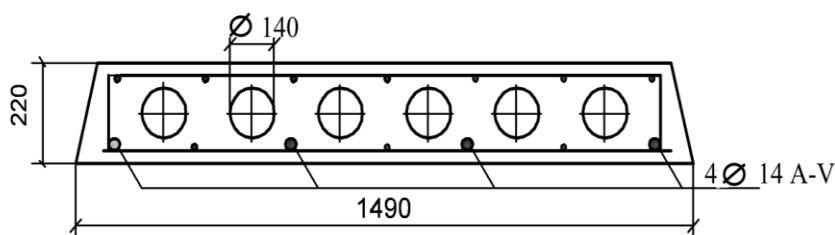
ПК -7

Плита перекрытия многопустотная (ПК 72-15-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 6 кН/м.



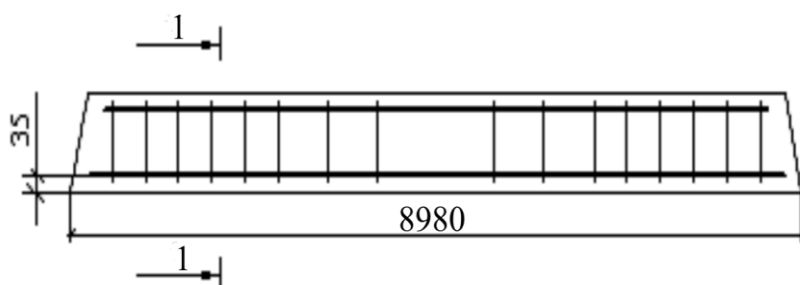
Разрез 1-1



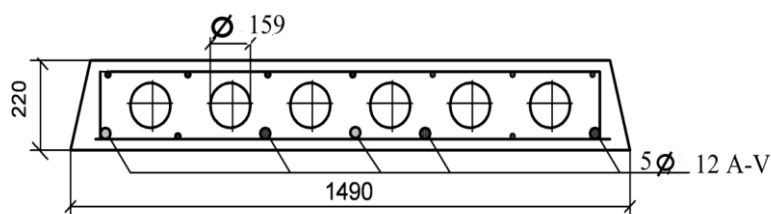
ПК -8

Плита перекрытия многопустотная (ПК 90-15-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 8 кН/м.



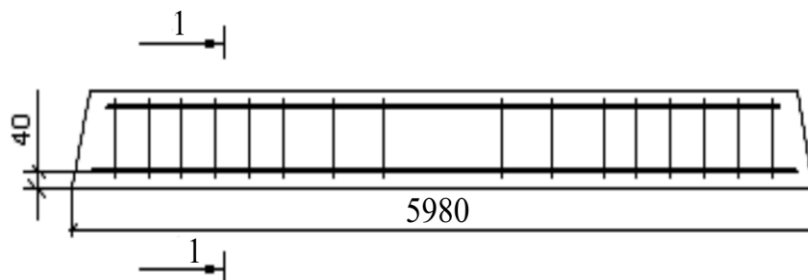
разрез 1-1

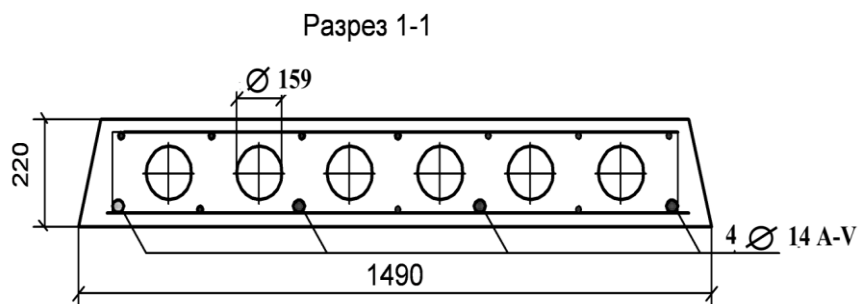


ПК -9

Плита перекрытия многопустотная (ПК 60-15-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м³. Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 12 кН/м.

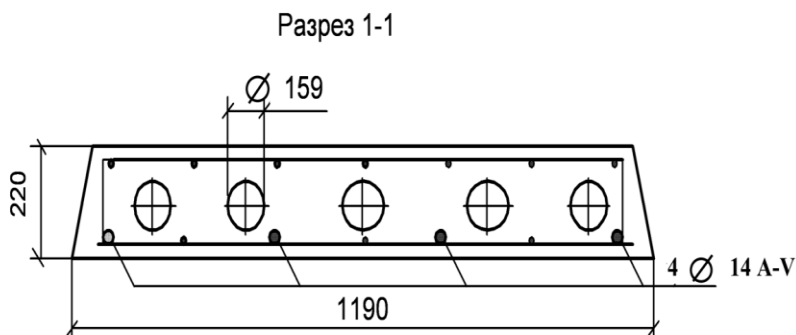
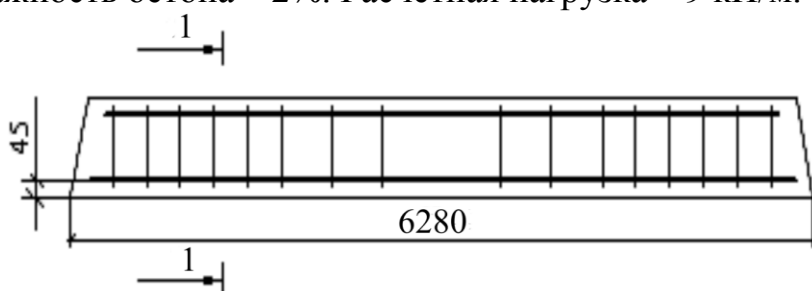




ПК -10

Плита перекрытия многопустотная (ПК 63-12-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В 30. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 9 кН/м.



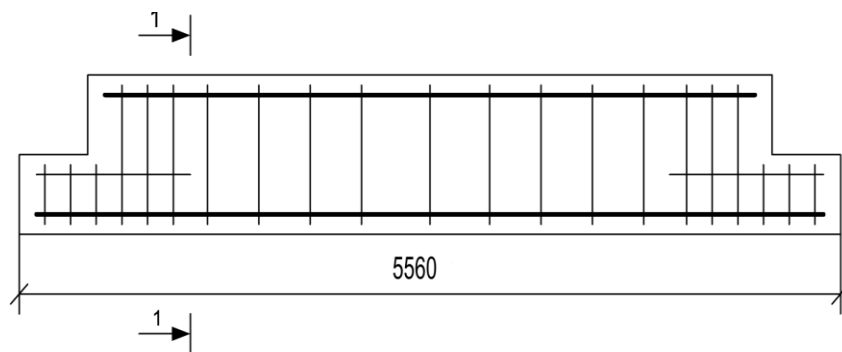
1.8.2. Ригели

ГОСТ 18980-2015. РИГЕЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

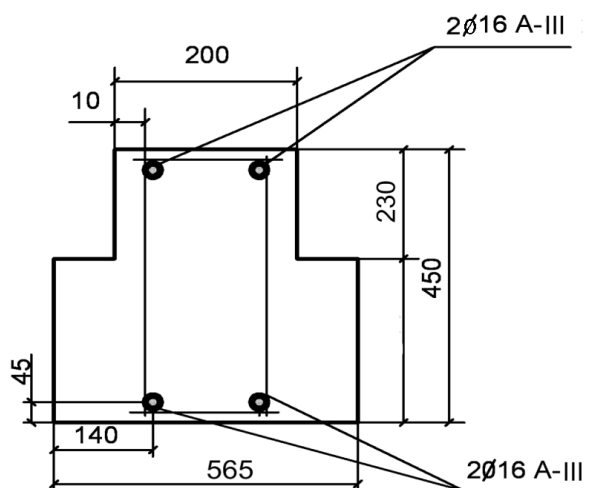
Р-1

Ригель (РДП 4.56), свободно опертый с 2-х сторон на колонны.

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Класс бетона В 30. Влажность бетона 2%. Расчетная нагрузка – 7,2 кН/м.



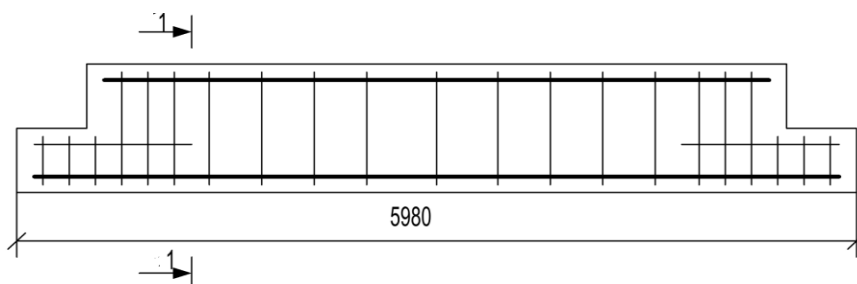
Разрез 1-1

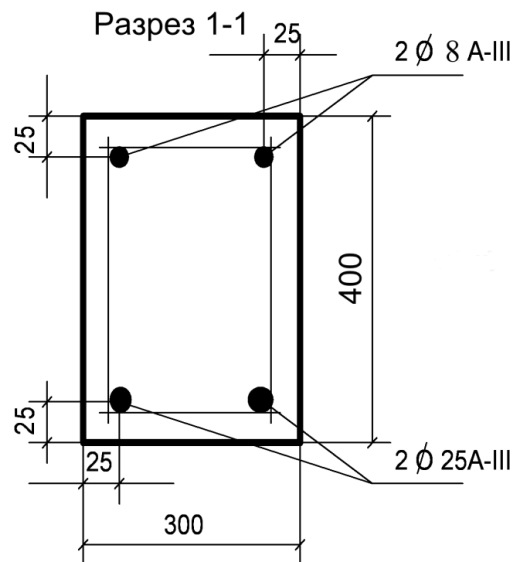


Р-2

Ригель (Р4.60), свободно опертый с 2-х сторон на колонны.

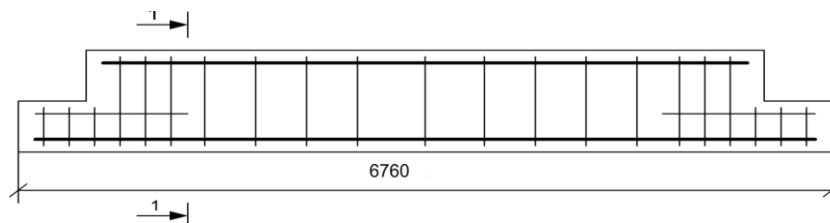
Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м^3 . Класс бетона В 30. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – $5,2 \text{ кН/м}$.



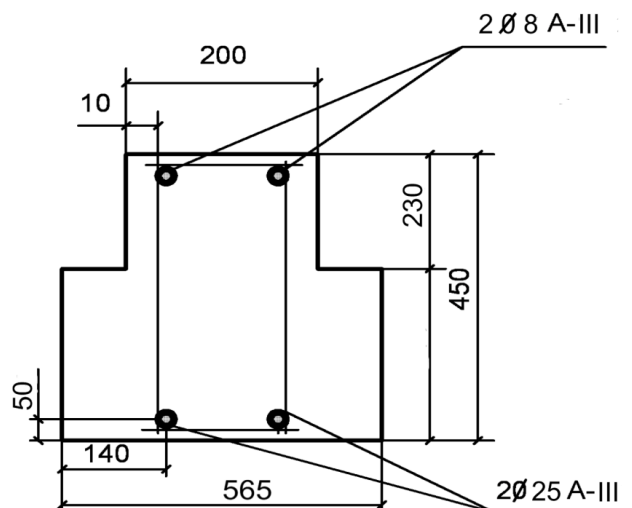


Р-3

Ригель (РДП 4.68), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м³. Класс бетона В 30. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 7,2 кН/м.

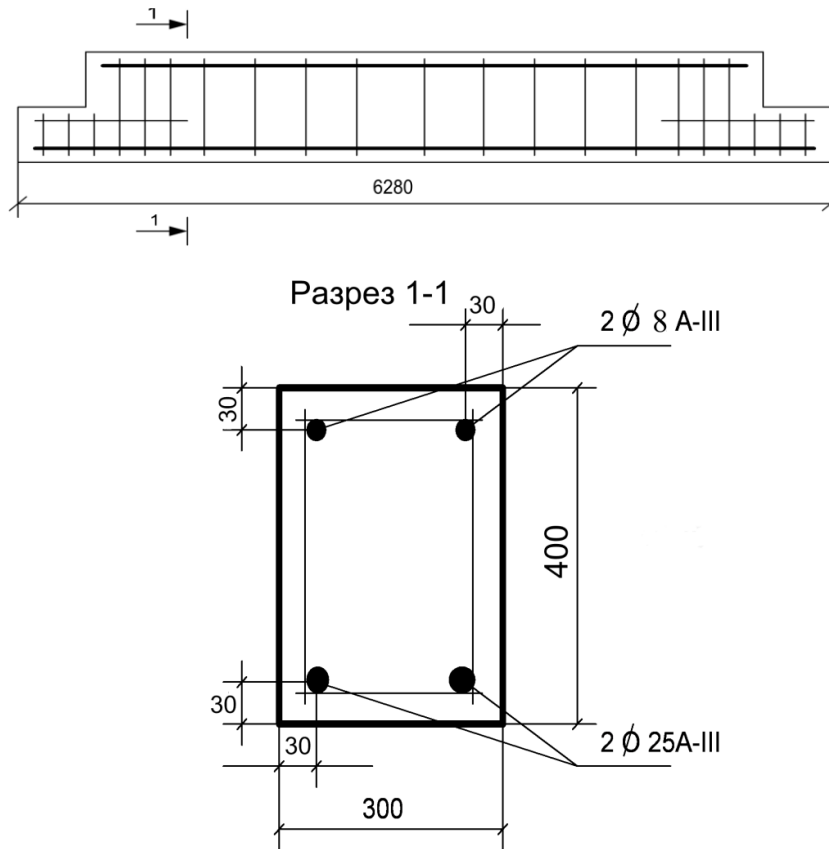


Разрез 1-1



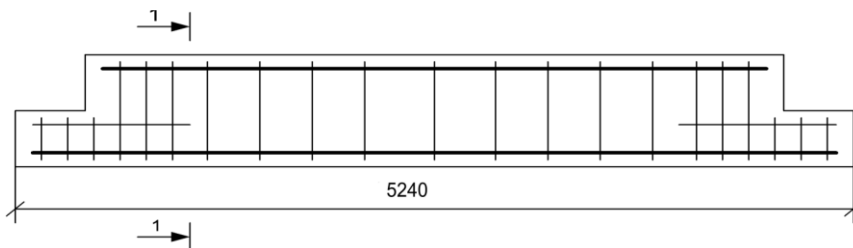
Р-4

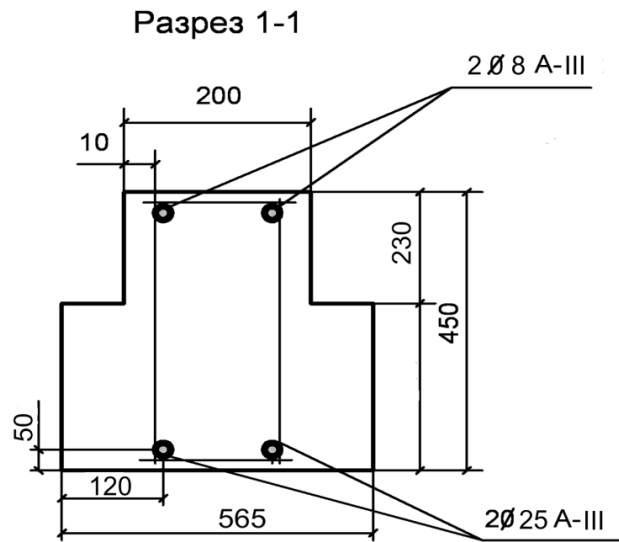
Ригель (Р4.63), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Класс бетона В 22,5. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 5,2 кН/м.



Р-5

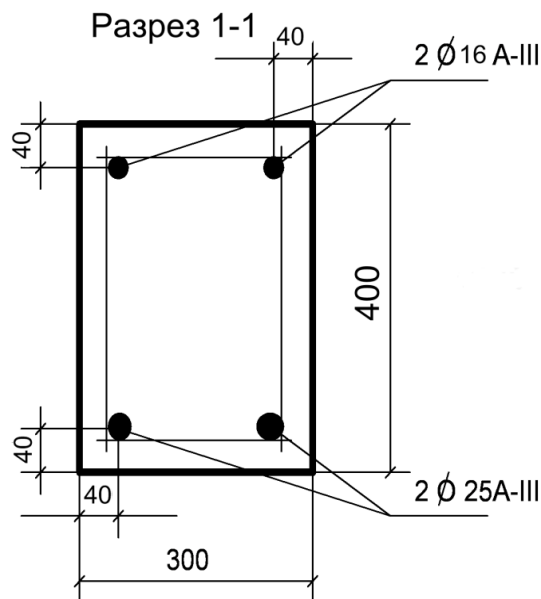
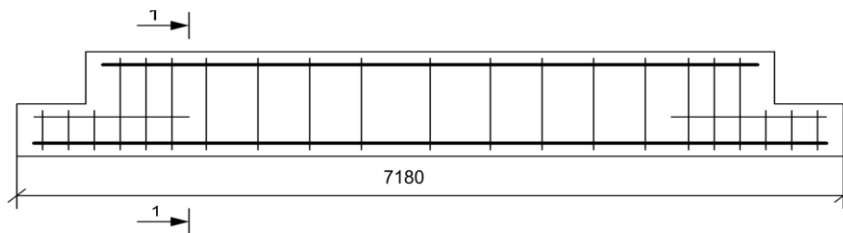
Ригель (РДП 4.52), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Класс бетона В 22,5. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 7,2 кН/м.





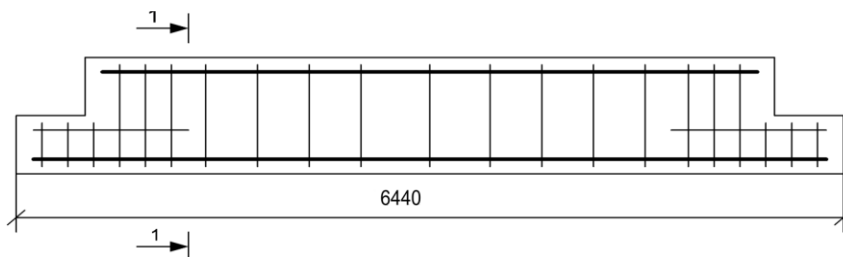
Р-6

Ригель (Р4.72), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Класс бетона В 22,5. Плотность бетона – 2330 кг/м³. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 5,2 кН/м.

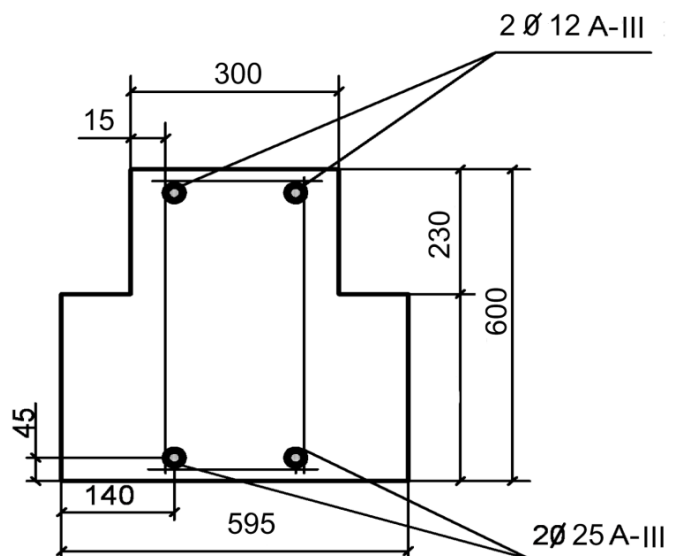


Р-7

Ригель (РДП 6.64), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Класс бетона В 22,5. Плотность бетона – 2330 кг/м³. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 7,2 кН/м.

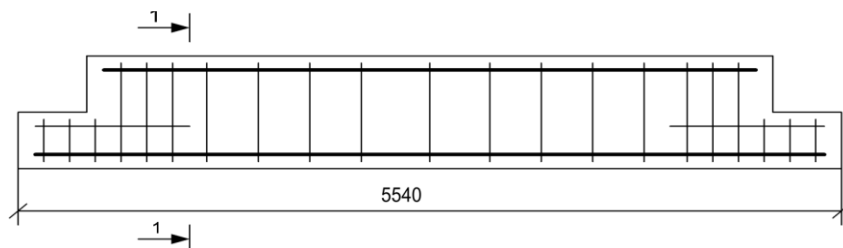


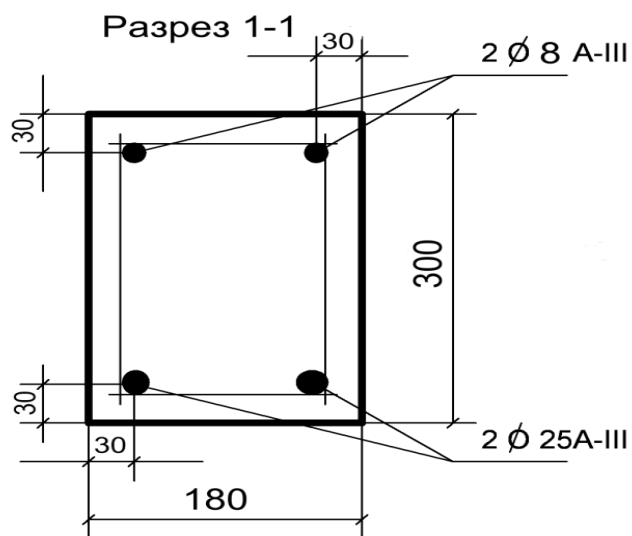
Разрез 1-1



Р-8

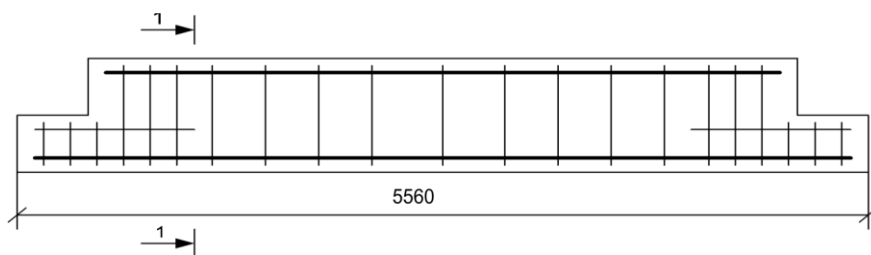
Ригель (РЗ.55), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Класс бетона В 22,5. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Влажность бетона – %. Расчетная нагрузка – 5,2 кН/м.



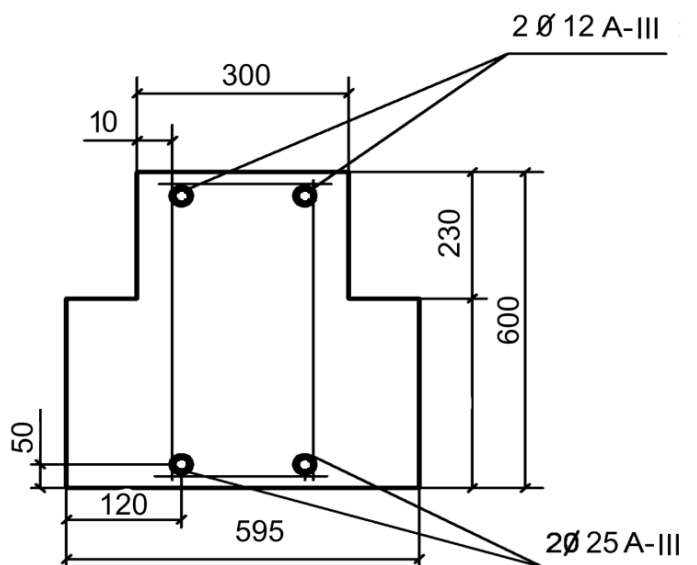


Р-9

Ригель (РДР 6.56), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Класс бетона В 30. Плотность бетона – 2250 кг/м³. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 7,2 кН/м.

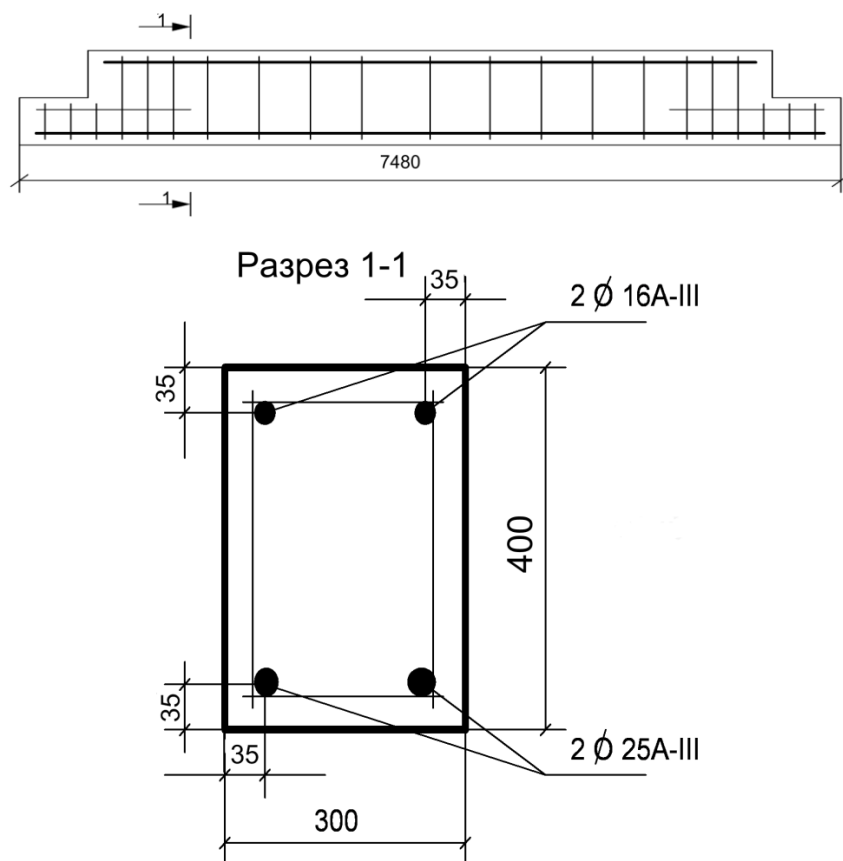


Разрез 1-1



Р-10

Ригель (Р4.75), свободно опертый с 2-х сторон на колонны. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Класс бетона В 30. Плотность бетона – 2330 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – $5,2 \text{ кН/м}$.



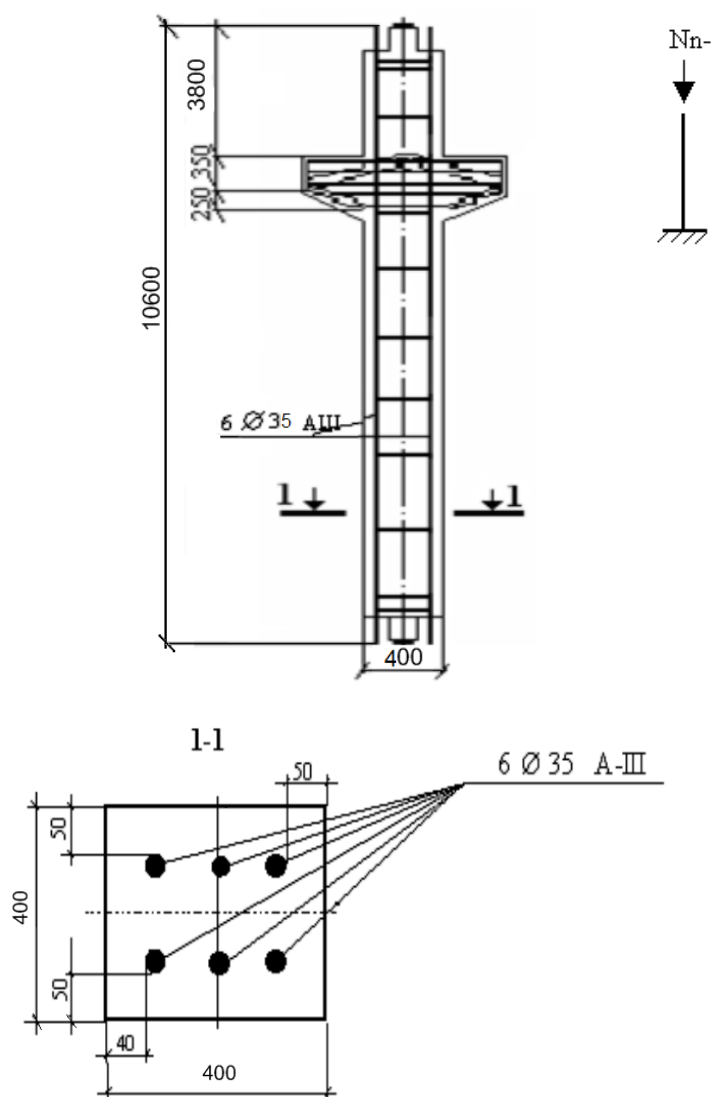
1.8.3. Колонны

ГОСТ 18979-2014. КОЛОННЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ (ПЕРЕИЗДАНИЕ)

К-1

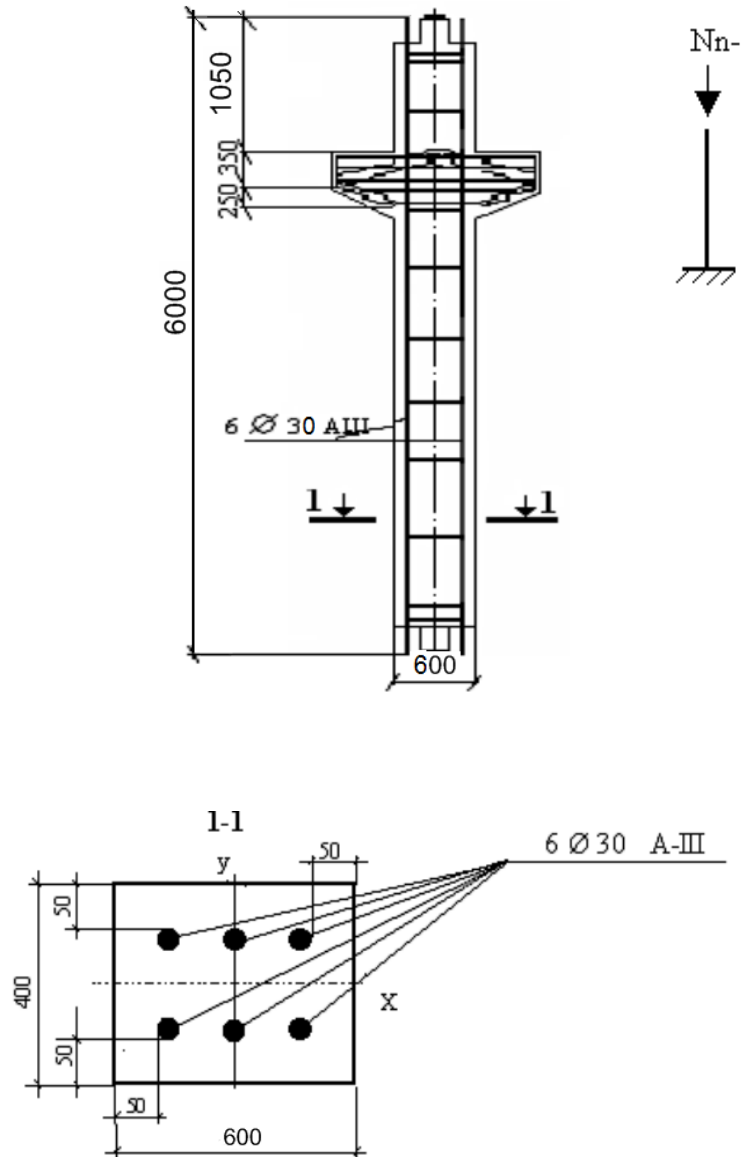
Колонна среднего ряда (1КСД60.1 серия 1.020-1/87)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Нагрузка – 290 кН. Класс бетона – В 20.



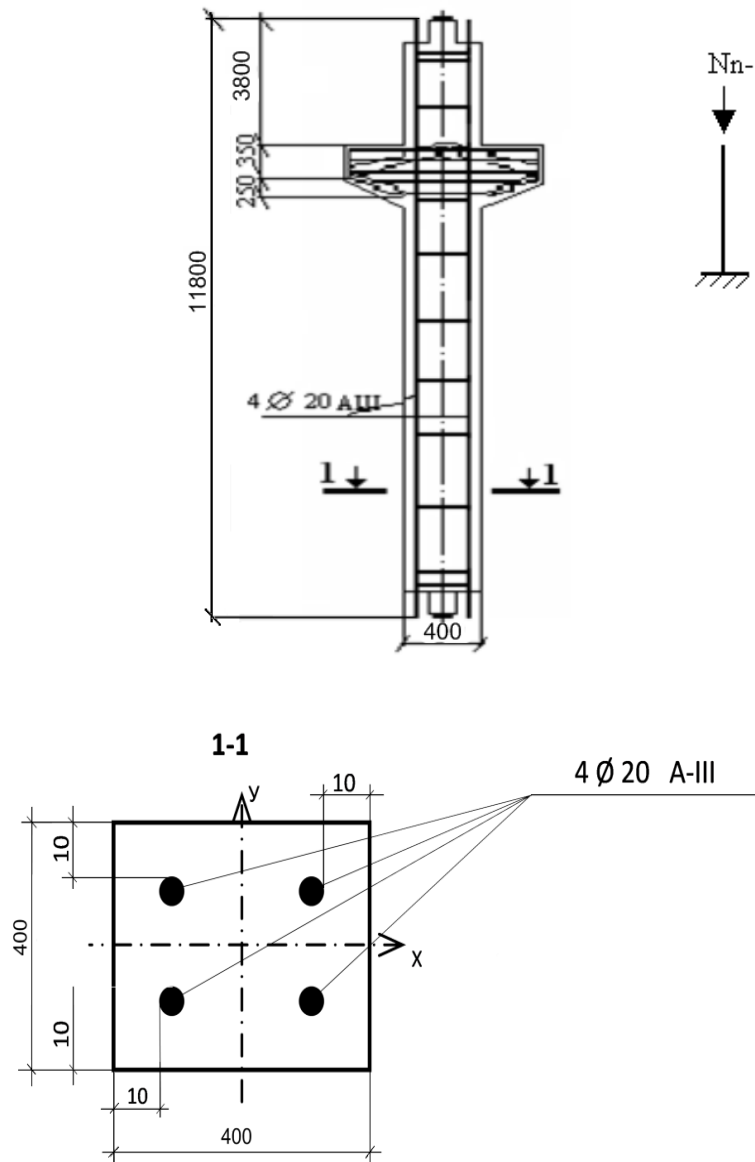
К-2

Колонна среднего ряда (КП I-2, Серия КЭ – 01-49) – центрально нагруженная со случайным эксцентриситетом. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Класс бетона – В 22,5. Нагрузка – 240 кН.



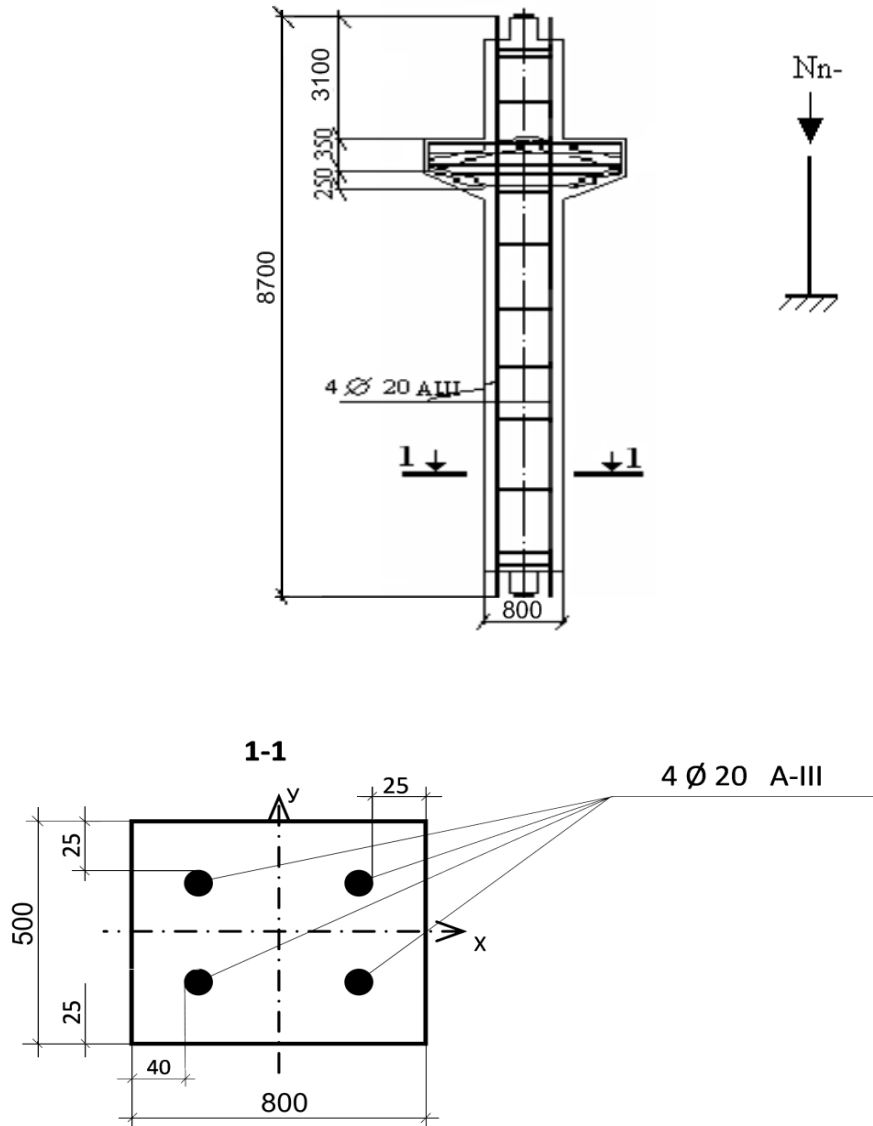
К-3

Колонна среднего ряда (КП I-14 Серия КЭ – 01-49) – центрально нагруженная со случайным эксцентриситетом. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Класс бетона – В 30. Нагрузка – 240 кН.



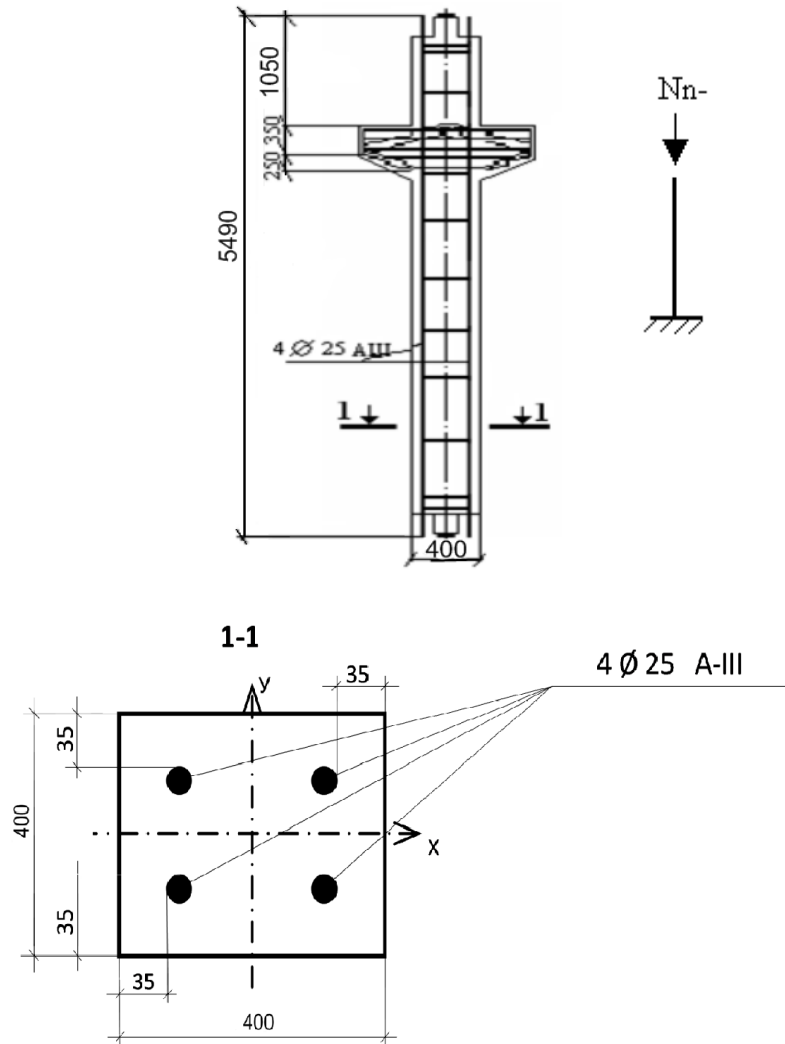
К-4

Колонна среднего ряда (КП I-35 Серия КЭ – 01-49) – центрально нагруженная со случайным эксцентриситетом. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Класс бетона – В 15. Нагрузка – 290 кН.



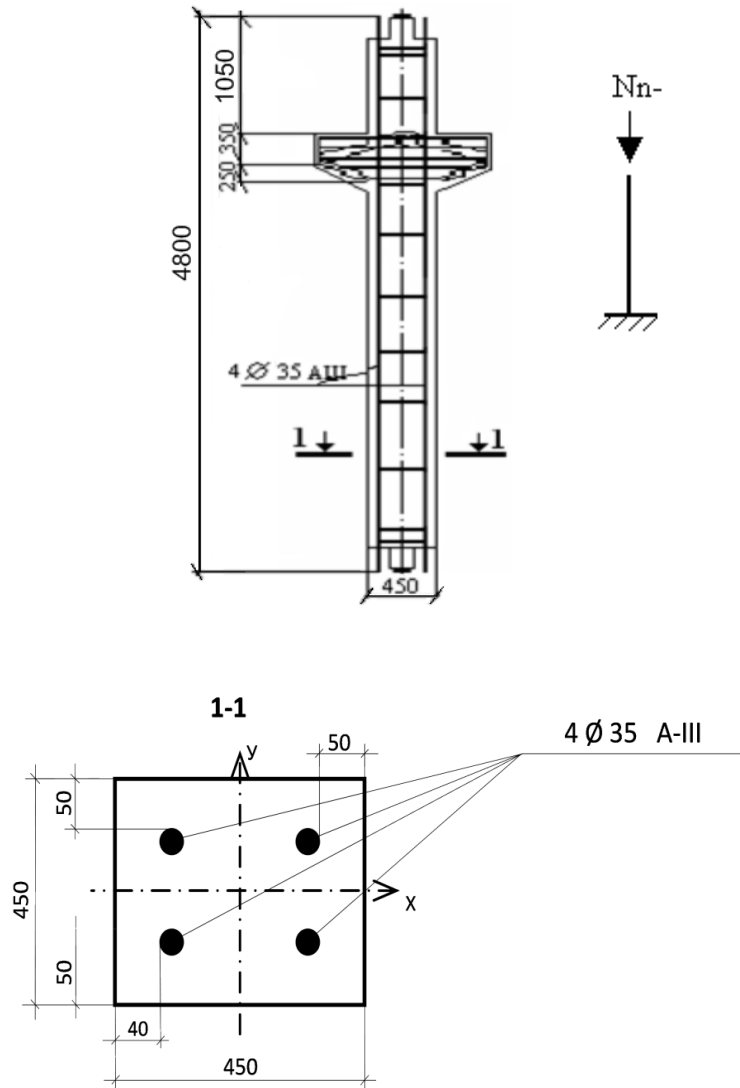
К-5

Колонна среднего ряда (1КСД54.1 серия 1.020-1/87) – центрально нагруженная со случайным эксцентриситетом. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 400, заполнители – песок, известняковый щебень. Класс бетона – В 15. Плотность бетона – 2200 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Нагрузка – 240 кН.



К-6

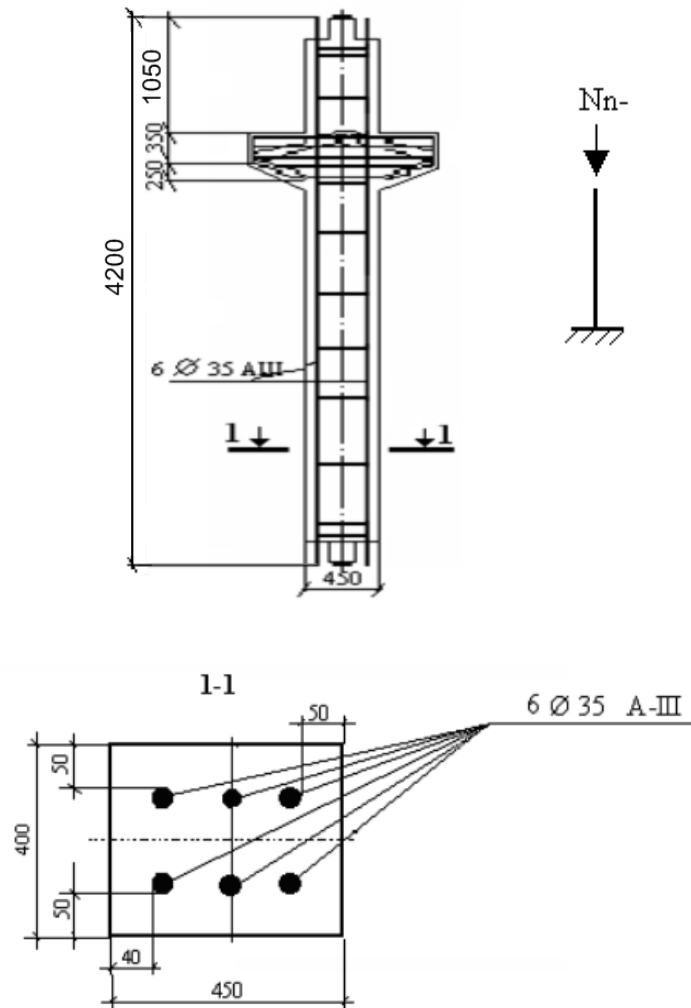
Колонна среднего ряда (1КСО48.1 серия 1.020-1/87) – центрально нагруженная со случайным эксцентриситетом. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 400, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Нагрузка – 290 кН. Класс бетона – В 15.



К-7

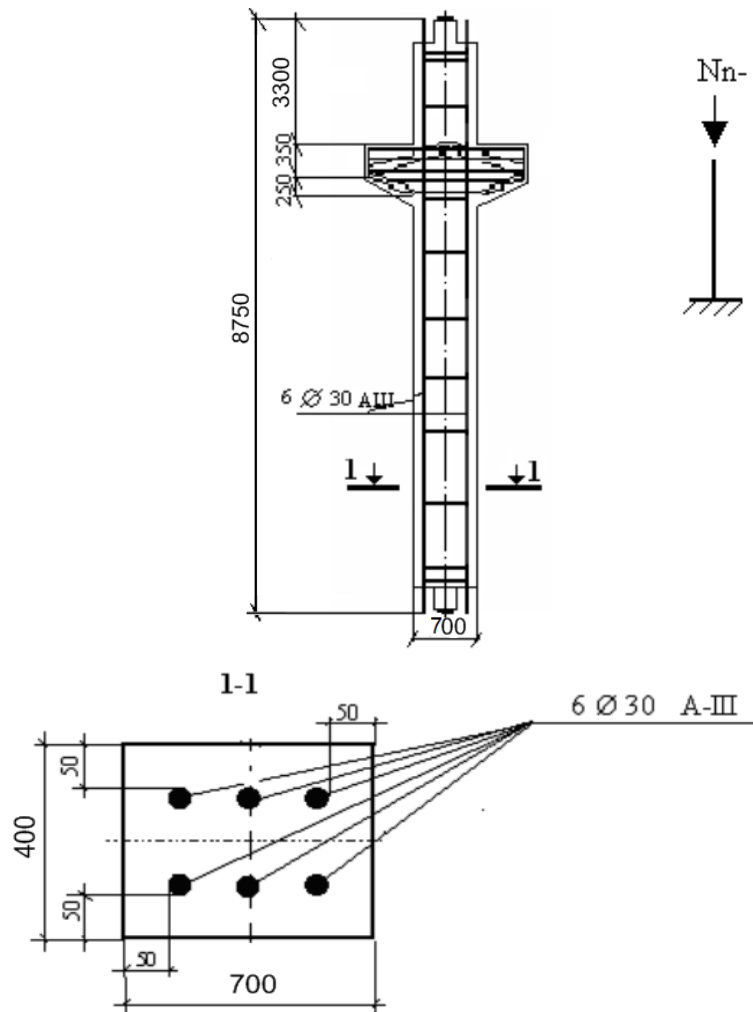
Колонна среднего ряда (1КСО42.1)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 400, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2300 кг/м^3 . Класс бетона – В 20. Влажность бетона – 2%. Нагрузка – 320 кН.



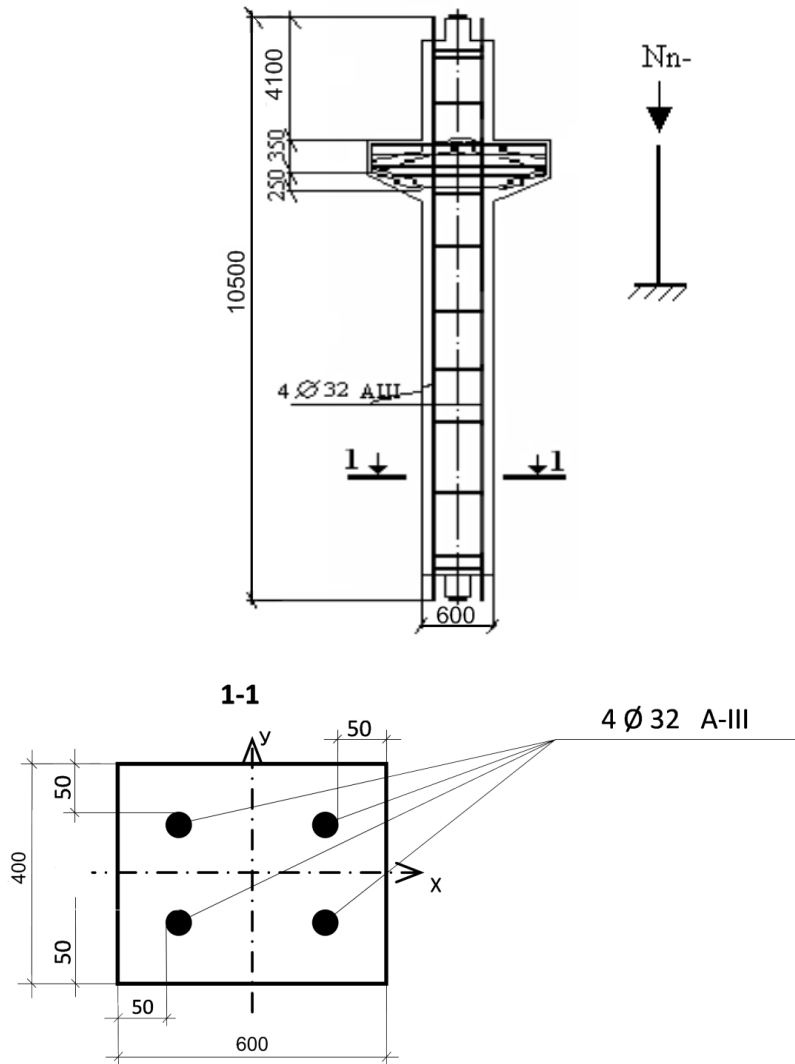
К-8

Колонна среднего ряда (10КК84 серия 1.424.1-5) – центрально нагруженная со случайным эксцентриситетом. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 400, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м^3 . Класс бетона – В 15. Влажность бетона – 2%. Нагрузка – 200 кН.



К-9

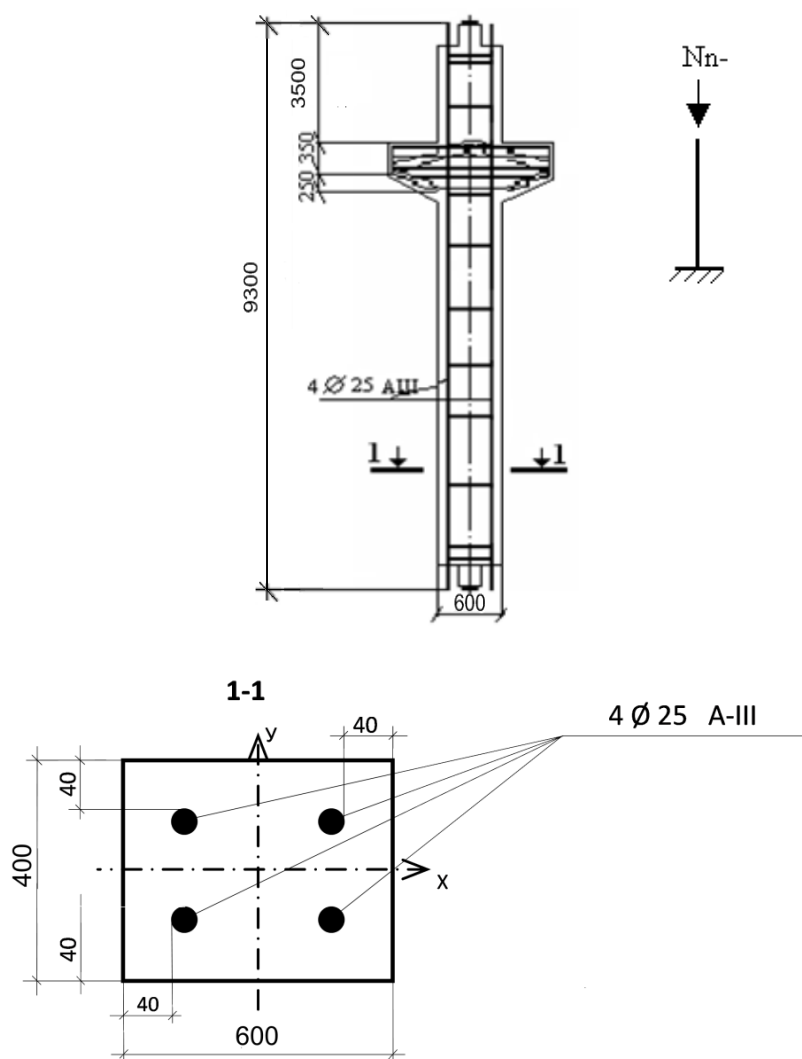
Колонна среднего ряда (ЗКК96 серия 1.424.1-5) – центрально нагруженная со случайным эксцентриситетом. Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Класс бетона – В 20. Плотность бетона – 2250 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Нагрузка – 240 кН.



К-10

Колонна среднего ряда (6КК84)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее – портландцемент М 400, заполнители – песок, гранитный щебень. Плотность бетона – 2330 кг/м^3 . Влажность бетона – 2%. Класс бетона – В 20. Нагрузка – 290 кН.



1.9. Основные принципы расчета огнестойкости железобетонных конструкций

Предел огнестойкости железобетонных конструкций наступает в результате потери несущей способности (обрушения) за счет снижения прочности, теплового расширения и температурной ползучести арматуры и бетона при нагревании, а также вследствие прогрева не обращенной к огню поверхности на 140°C . По этим показателям предел огнестойкости железобетонных конструкций может быть найден расчетным путем.

Расчет предела огнестойкости железобетонной конструкции по потере несущей способности R состоит из двух частей: теплотехнической и статической.

Теплотехническим расчетом определяют время предела огнестойкости, по истечении которого арматура нагревается до критической температуры или сечение бетона конструкции сокращается до предельного значения при воздействии на нее стандартного температурного режима.

Теплотехнический расчет выполняют исходя из условий, что нагрев конструкции происходит по стандартному температурному режиму, принятому для испытаний конструкций на огнестойкость. Изменение температуры t во времени в любой точке конструкции может быть выражено дифференциальным уравнением теплопроводности Фурье. Для одномерного потока тепла, вызывающего изменение температуры в одном направлении по сечению конструкции, уравнение Фурье имеет вид [2]:

$$\frac{dt}{d\tau} = a_{\text{пр}} \cdot \frac{d^2t}{dy^2}, \quad (1.1)$$

где τ – время; t – температура; $a_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент температуропроводности; y – координата точки.

Чтобы решить данное уравнение, то есть найти температуру внутри конструкции в любой момент времени, надо знать распределение температуры по сечению этой конструкции в начальный момент времени. Необходимо знать геометрическую форму конструкции и закономерности теплообмена между окружающей средой и поверхностями конструкции – граничные условия.

Теплотехническим расчетом определяют и предел огнестойкости железобетонной конструкции по теплоизолирующей способности I .

Статический расчет обеспечивает защиту железобетонной конструкции от разрушения, а также от потери устойчивости при совместном воздействии нормативной нагрузки и стандартного температурного режима.

Статическая модель задачи определения предела огнестойкости железобетонной конструкции сводится к вычислению несущей способности нагретой конструкции. Метод решения этой задачи зависит от вида конструкции и условий ее работы.

Так, для центрально-сжатых колонн в нагретом состоянии несущую способность определяют с помощью зависимости, предложенной А.И. Яковлевым [2]:

$$N_{pt} = \varphi (A_b R_b^n + A_s R_{sc} \gamma_a), \quad (1.2)$$

где φ – коэффициент продольного изгиба для нагретых колонн;

A_b – площадь ядра сечения, ограниченного изотермой с критической температурой $T_{кр}$, м²;

R_b – нормативное сопротивление бетона сжатию, Н/м²;

A_s – площадь сечения рабочей арматуры, м²;

R_{sc} – нормативное сопротивление рабочей продольной арматуры, Н/м²;

γ_a – коэффициент снижения нормативного сопротивления арматуры.

Площадь ядра сечения колонны, ограниченного изотермой с критической температурой $T_{кр}$, и коэффициент продольного изгиба нагретой колонны определяют исходя из того, что в среднем критическая температура для бетона на гранитном щебне и песчаного бетона равна 650 °С, а для бетона на известковом щебне равна 750 °С. При этом под критической температурой понимают такую температуру, при которой предел прочности бетона составляет половину первоначальной.

Для более точных расчетов следует учитывать, что критическая температура бетона зависит также от размеров сечения конструкции и величины нагрузки.

Статически определяемые изгибаемые элементы (однопролетные свободно лежащие плиты, панели и настилы перекрытий, балки и ригели) теряют свою несущую способность в основном за счет снижения прочности нагреваемой растянутой арматуры. Сжатые бетоны и арматура нагреваются слабо и поэтому расчет производят при условии постоянства их прочностных характеристик.

Если в растянутой зоне установлена арматура из стали одного класса, то коэффициент $\gamma_{s,tem}$, учитывающий изменение сопротивления арматурой стали при повышении температуры, может быть определен из зависимости:

$$\gamma_{s,tem} = \frac{M_n - A'_s R_{sc}^n (0,5x_t - a')}{A_s R_{sc}^n (h_o - 0,5x_t)} \quad (1.3)$$

$$x_t = h_o - \sqrt{h_o^2 - \frac{2[M_n - A'_s R_{sc}^n (h_o - a')]}{b R_b^n}} \quad (1.4)$$

где M_n – момент от рабочей нагрузки, Н/м²;

A'_s – сечение сжатой арматуры, м²;

R_{sc}^n – нормативное сопротивление рабочей арматуры, Н/м²;

x_t – высота сжатой зоны, м;

a' – расстояние от сжатой грани до центра сжатой арматуры, м;
 A_s – сечение растянутой арматуры, м²;
 h_0 – полезная высота сечения, м;
 b – ширина сечения сжатого бетона, м;
 R_b^n – нормативное сопротивление бетона сжатию, Н/м².
Эти зависимости справедливы при $0,5x_t \leq a'$.

По вычисленному значению $\gamma_{s,tem}$ определяют критическую температуру с помощью приложения 4, а путем теплотехнического расчета находят время нагрева растянутой арматуры до критической температуры, которое принимается за предел огнестойкости конструкции. Аналогичным путем определяют предел огнестойкости конструкции при других условиях опирания и нагрева.

За нормативную нагрузку принимают наиболее неблагоприятное сочетание нормативных, постоянных, временных длительных статических нагрузок, существенно влияющих на напряженное состояние железобетонной конструкции при пожаре. В тех случаях, когда нельзя установить усилия от нормативной нагрузки, разрешают принимать их равными 0,7 расчетных усилий. Расчетная схема приложения нормативной нагрузки должна соответствовать проекту.

Несущая способность железобетонных конструкций при огневом воздействии зависит от изменения свойств бетона и арматуры с ростом температуры. Решение статической задачи по оценке огнестойкости сводится к определению значения критической температуры нагрева растянутой арматуры.

Решение теплотехнической задачи выполнимо лишь для конкретных промежутков времени с начала нагрева. Поэтому нахождение условий предельного состояния строится на принципе последовательных приближений для заранее известных промежутков времени. В итоге предел огнестойкости определяется либо графически, либо аналитически в результате решений уравнений предельного состояния.

Вычисленные фактические пределы огнестойкости железобетонных конструкций должны быть не менее принятых требуемых значений (табл. 1.6).

При расчете огнестойкости целесообразно рассматривать приведенные сечения. При этом расчетная площадь приведенного сечения бетона может ограничиваться изотермой критических температур нагрева бетона $t_{b,cr}$. Критическая температура нагрева арматуры характеризует стадию образования пластического шарнира в растянутой зоне железобетонных конструкций и наступление предела огнестойкости при огневом воздействии.

Критическая температура нагрева арматуры $t_{s,cr}$, при которой, возможно, образуется пластический шарнир и наступает предел огнестойкости, ориентировочно равна для арматуры классов: А240, А300 – 510 °С; А400 – 550 °С; А500, А540 – 520 °С; В500 – 430 °С; А600 – 510 °С; А800 – 500 °С; А1000 – 450 °С; Вр1200-Вр1500, К1400, К1500 – 410 °С.

Статическая часть расчета Общее решение статической задачи

При расчете несущей способности железобетонных конструкций при пожаре следует учитывать изменение механических свойств бетона и арматуры в зависимости от температуры, определяемой теплотехническим расчетом [2].

Статистически определяемые изгибаемые элементы в условиях пожара разрушаются, как правило, в результате образования пластического шарнира в расчётном сечении за счёт снижения предела текучести или прочности растянутой арматуры до величин рабочих напряжений в её сечении.

Редкое исключение составляют изгибаемые элементы перearмированные и нагруженные предельно допустимой нагрузкой, у которой потеря несущей способности происходит от хрупкого разрушения сжатой зоны бетона и сравнительно небольших деформациях растянутой арматуры.

В процессе пожара по сечению колонны наблюдается перепад температур порядка 800-1000 °С, с наименьшей температурой в центре сечения. Поэтому фактическая прочность бетона по сечению колонны изменяется от первоначальной величины при 20°С до нуля, при достижении «критической температуры» и выше. Это и определяет поведение колонны в условиях пожара [1].

Неравномерность прогрева вызывает перераспределение температуры по сечению колонны. Температурные напряжения возрастают при увеличении температурного перехода между средней частью сечения колонны и поверхностью ее обогрева (20-30 мин.). Дальнейшее развитие пожара приводит к прогреву защитного слоя бетона до 600-800 °С. Наиболее прогретые части сечения бетона и рабочей арматуры у поверхности колонны разрушаются за счет развития температурной ползучести, усадки, деформации и снижения прочности. Это вызывает увеличение напряжений в центре сечения колонны. Нагруженные слои бетона и рабочая арматура, нагретые до температуры выше 600 °С, теряют прочность и не учитываются в расчёте. Колонны укорачиваются с возрастающей скоростью до момента их разрушения.

Расчетные сопротивления сжатию и растяжению бетона R_b и R_{bt} и арматуры R_{sc} и R_{sw} для расчета огнестойкости определяются делением нормативных сопротивлений на соответствующие коэффициенты надежности: по бетону – $\gamma_b=0,83$; по арматуре – $\gamma_s=0,9$:

$$R_b = R_{b,ser} / \gamma_b; R_{bt} = R_{bt,ser} / \gamma_b; R_{sc} = R_{sc,ser} / \gamma_s; R_{sw} = R_{sc} / \gamma_s. \quad (1.5)$$

Статически определяемые изгибаемые железобетонные конструкции в условиях пожара подвергаются воздействию высоких температур по-разному. Плоские элементы подвергаются одностороннему нагреву, стержневые – трехстороннему. При этом у плоских элементов $b_{tem} = b$, а у стержневых элементов $b_{tem,x} = b - 2\delta_{tem,x}$.

Статически определимые изгибаемые элементы в условиях пожара разрушаются, как правило, в результате образования пластического шарнира в расчетном сечении за счет достижения предела текучести или прочности нагреваемой растянутой арматуры до величины рабочих напряжений в ее сечении. Редкое исключение составляют изгибаемые элементы перearмированные и нагруженные предельно допустимой нагрузкой, у которых потеря несущей способности происходит от хрупкого разрушения сжатой зоны бетона при сравнительно небольших деформациях растянутой арматуры.

В момент образования пластического шарнира происходит резкое увеличение ползучести металла арматуры, что вызывает интенсивное раскрытие трещин в растянутой зоне. Раскрывающиеся трещины уменьшают высоту сжатой зоны бетона x_{tem} до минимального значения, при котором происходит разрушение сжатого бетона и обрушение конструкции.

Таким образом, наступление предела огнестойкости изгибаемой конструкции характеризуется предельным равновесием внутренних и внешних сил.

Нормативные и расчетные характеристики бетона

Основные прочностные характеристики бетона – нормативное сопротивление бетона осевому сжатию R_{bn} и нормативное сопротивление бетона осевому растяжению R_{btm} .

Расчетные значения сопротивления бетона осевому сжатию и осевому растяжению определяют делением нормативного сопротивления на коэффициент надежности. Нормативные и расчетные значения сопротивлений бетона принимают по табл. 1.9 и по приложению 10.

Таблица 1.9 Нормативные и расчетные значения сопротивлений бетона

Вид сопротивления		Нормативные значения сопротивления бетона R_{bn} и R_{btm} и расчетные значения сопротивления бетона R_b и R_{bt} для предельных состояний первой группы и расчетные значения сопротивления бетона $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$ для предельных состояний второй группы, МПа (кгс/см^2), при классе бетона по прочности на сжатие								
		B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Сжатие осевое	R_{bn}	15,0	18,5	22,0	25,5	29,0	32,0	36,0	39,5	43,0
	$R_{b,ser}$	(153)	(188)	(224)	(260)	(296)	(326)	(367)	(403)	(438)
	R_b	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
		(117)	(148)	(173)	(199)	(224)	(255)	(280)	(306)	(336)
Растяжение осевое	R_{btm}	1,35	1,55	1,75	1,95	2,1	2,25	2,45	2,6	2,75
	$R_{bt,ser}$	(13,8)	(15,8)	(17,8)	(19,9)	(21,4)	(22,9)	(25,0)	(26,9)	(28,0)
	R_{bt}	0,9	1,05	1,15	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
		(9,2)	(10,7)	(11,7)	(13,3)	(14,3)	(15,3)	(16,3)	(17,3)	(18,3)

В необходимых случаях расчетное сопротивление бетона R_b умножают на следующие коэффициенты условия работы: $\gamma_{bt} = 0,9$ при продолжительном действии нагрузки; $\gamma_{bt} = 0,9$ для конструкций, бетонируемых в вертикальном положении.

Влияние температуры на изменение прочности бетона при сжатии учитывают умножением прочностных характеристик бетона на коэффициент условия работы бетона при сжатии γ_{bt} .

Значения коэффициента условий работы бетона при сжатии γ_{bt} принимают по табл. 1.10.

Таблица 1.10. Значения коэффициента условий работы бетона при сжатии

Вид бетона	Коэффициенты	Значения коэффициентов γ_{bt} , γ_{tt} , β_b и $\phi_{b,cr}$ для бетона при температуре, °С							
		20	200	300	400	500	600	700	800-900
Тяжелый на силикатном заполнителе	γ_{bt}	<u>1,0</u>	<u>0,98</u>	<u>0,95</u>	<u>0,85</u>	<u>0,80</u>	<u>0,60</u>	<u>0,20</u>	<u>0,10</u>
		1,0	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	—	—
	γ_{tt}	<u>1,0</u>	<u>0,65</u>	<u>0,50</u>	<u>0,35</u>	<u>0,20</u>	<u>0,05</u>	—	—
		1,0	0,60	0,45	0,30	0,15	0,03	—	—
β_b	1,0	0,70	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	
	$\phi_{b,cr}$	1,5	3,0	5,7	9,0	13,0	19,0	—	—
Тяжелый на карбонатном заполнителе	γ_{bt}	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,95</u>	<u>0,90</u>	<u>0,85</u>	<u>0,65</u>	<u>0,30</u>	<u>0,15</u>
		1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,60	—	—
	γ_{tt}	<u>1,0</u>	<u>0,70</u>	<u>0,55</u>	<u>0,40</u>	<u>0,25</u>	<u>0,10</u>	—	—
		1,0	0,65	0,50	0,35	0,20	0,05	—	—
β_b	1,0	0,75	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15	0,10	
	$\phi_{b,cr}$	1,2	2,4	4,6	7,2	10,0	15,0	—	—

Примечания:
1. Значения коэффициентов γ_{bt} и γ_{tt} над чертой и β_b даны в нагретом состоянии бетона, и они используются при расчете огнестойкости.
2. Значения коэффициентов γ_{bt} и γ_{tt} под чертой и $\phi_{b,cr}$ даны после нагрева бетона в охлажденном состоянии, и они используются при расчете огнесохранности.

Нормативные сопротивления сжатию:

$$R_{bnt} = R_{bn} \cdot \gamma_{bt} \quad (1.6)$$

Расчетные сопротивления сжатию:

- для предельных состояний первой группы

$$R_{b,tem} = R_b \cdot \gamma_{bt}; \quad (1.7)$$

- для предельных состояний второй группы:

$$R_{b,ser,t} = R_{b,ser} \cdot \gamma_{bt} \quad (1.8)$$

Значение коэффициента условия работы γ_{bt} принимают по средней температуре бетона. Значение коэффициента условия работы бетона на сжатие γ_{bt} разрешается принимать равное 1 при нагреве бетона до критической температуры и $\gamma_{bt} = 0$ при нагреве бетона выше критической температуры.

Нормативные R_{btm} и расчетные R_{bt} и $R_{bt,ser}$ сопротивления бетона растяжению при огневом воздействии также изменяются. Изменение сопротивления бетона растяжению с увеличением температуры нагрева учитывают коэффициентом условия работы бетона на растяжение γ_{tt} .

В расчетах огнестойкости используют начальный модуль упругости бетона E_b . Значения начального модуля упругости бетона E_b естественного твердения для разных классов бетона по прочности на сжатие и растяжение приведены в табл. 1.11.

Таблица 1.11. Значения начального модуля упругости бетона

Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении $E_b \cdot 10^3$, МПа (кгс/см ²), при классе бетона по прочности на сжатие								
B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
27,5 (280)	30,0 (306)	32,5 (331)	34,5 (352)	36,0 (367)	37,0 (377)	38,0 (387)	39,0 (398)	39,5 (403)

При расчете огнестойкости изменение значения начального модуля упругости бетона при непродолжительном огневом воздействии с увеличением температуры учитывают коэффициентом β_b

$$E_{bt} = E_b \beta_b, \quad (1.9)$$

Значение коэффициента β_b принимают по табл. 1.10 в зависимости от средней температуры бетона сечения.

При расчете огнестойкости и продолжительном действии нагрузки значения модуля деформаций бетона $E_{b,\tau}$ определяют по формуле:

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}}. \quad (1.10)$$

Коэффициент ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$ получен как отношение полных относительных деформаций сжатия бетона при воздействии температуры к полным деформациям бетона до воздействия температуры.

Коэффициент ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$ после нагрева принимают по табл. 1.10 для температуры бетона в центре тяжести приведенного сечения при расчете кривизны в элементах без трещин.

Допускается температуру бетона в центре тяжести приведенного сечения принимать равной его средней температуре.

При нагревании бетона естественной влажности температурная деформация бетона состоит из двух видов: обратимой – температурное расширение и

необратимой – температурная усадка. Значения коэффициентов температурной деформации расширения α_{bt} приведены в табл. 1.12 и температурной усадки α_{cs} представлены в табл. 1.13.

Таблица 1.12. Значения коэффициентов температурной деформации расширения

Вид бетона	Коэффициент температурной деформации расширения бетона $\alpha_{bt} \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре бетона, $^\circ\text{C}$				
	20-50	100	300	500	700-1100
Тяжелый на силикатном заполнителе	9	9	8	11	14,5
Тяжелый на карбонатном заполнителе	10	10	9	12	15,5

Таблица 1.13. Значения коэффициентов температурной усадки

Вид бетона	Коэффициент температурной усадки $\alpha_{cs} \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре бетона, $^\circ\text{C}$				
	20-50	100	300	500	700-1100
Тяжелый на силикатном заполнителе	0,5	1,0	1,0	-1,8	-6,8
Тяжелый на карбонатном заполнителе	0,5	1,5	1,1	1,3	1,5

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

Основной расчетной характеристикой арматуры является нормативное сопротивление растяжению R_{sn} , принимаемое равным гарантированному значению предела текучести с обеспеченностью не менее 0,95 (табл. 1.8) [2].

Таблица 1.14. Нормативные значения сопротивления растяжению арматуры

Арматура класса	Номинальный диаметр арматуры, мм	Нормативные значения сопротивления растяжению R_{sn} и расчетные значения сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{s,ser}$, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$)
A240	6-40	240 (2450)
A300	10-40	300 (3050)
A400	6-40	400 (4050)
A500	6-40	500 (5100)
B500	3-12	500 (5100)
A540	20-40	540 (5500)
A600	10-40	600 (6100)
A800	10-40	800 (8150)
A1000	10-40	1000 (10200)

Арматура класса	Номинальный диаметр арматуры, мм	Нормативные значения сопротивления растяжению R_{sn} и расчетные значения сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{s,ser}$, МПа (кгс/см ²)
Вр1200	8	1200 (12200)
Вр1300	7	1300 (13200)
Вр1400	4; 5; 6	1400 (14300)
Вр1500	3	1500 (15300)
К1400(К-7)	15	1400 (14300)
К1500(К-7)	6; 9; 12	1500 (15300)
К1500(К-19)	14	1500 (15300)

Коэффициент надежности γ_s по арматуре для предельных состояний первой группы принимают равным:

1,10 – для арматуры классов А240, А300, А400;

1,15 – для арматуры классов А500 (А500С, А500СП), А600, А800;

1,2 – для арматуры классов А540, А1000, В500, Вр1200-Вр1500, К1400, К1500.

Расчетные значения сопротивления продольной арматуры растяжению $R_{s,ser}$ приведены (с округлением) для предельных состояний второй группы в табл. 1.14 и R_s и сжатию R_{sc} первой группы – в табл. 1.15.

Таблица 1.15. Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы

Арматура класса	Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа (кгс/см ²)		
	растяжению		сжатию R_{sc}
	продольной R_s	поперечной (хомутов и отогнутых стержней) R_{sw}	
А240	215 (2200)	170 (1730)	215 (2200)
А300	270 (2750)	215 (2190)	270 (2750)
А400	355 (3600)	285 (2900)	355 (3600)
А500	435 (4450)	300 (3060)	400 (4100)
В500	415 (4250)	300 (3060)	360 (3650)
А540	450 (4600)	300 (3060)	200 (2000)
А600	520 (5300)	–	400 (4100)
А800	655 (6650)	–	–
А1000	830 (8450)	–	–
Вр1200	1000 (10200)	–	–
Вр1300	1070 (10900)	–	–
Вр1400	1170 (11900)	–	–
Вр1500	1250 (12750)	–	–
К1400	1170 (11900)	–	–
К1500	1250 (12750)	–	–

Влияние температуры на изменение нормативных и расчетных сопротивлений арматуры учитывают умножением прочностных характеристик арматуры при растяжении и сжатии на коэффициент условия работы арматуры $\gamma_{s,tem}$:

Значения коэффициентов условия работы арматуры $\gamma_{s,tem}$, принимают по табл. 1.16.

Нормативные сопротивления:

$$R_{snt} = R_{sn} \gamma_{s,tem}; R_{s,ser,t} = R_{s,ser} \gamma_{s,tem}. \quad (1.11)$$

Расчетные сопротивления продольной арматуры

$$R_{st} = R_s \gamma_{s,tem}; R_{sct} = R_{sc} \gamma_{s,tem}. \quad (1.12)$$

Расчетные сопротивления поперечной арматуры

$$R_{swt} = R_{sw} \gamma_{s,tem}. \quad (1.13)$$

Значения коэффициента условия работы арматуры γ_{st} принимают:

- по температуре центра тяжести растянутой и сжатой арматуры;
- по максимальной температуре хомутов (поперечной арматуры).

Таблица 1.16. Значения коэффициента условия работы арматуры

Класс арматуры	Коэффициент	Значение коэффициентов γ_{st} , β_s при нагреве арматуры до температуры, °С							
		20	200	300	400	500	600	700	800
A240, A300, A400	γ_{st}	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,85</u>	<u>0,60</u>	<u>0,37</u>	<u>0,22</u>	<u>0,10</u>
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,92	0,85
A500	β_s	1,0	0,92	0,90	0,85	0,80	0,77	0,72	0,65
		<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,90</u>	<u>0,70</u>	<u>0,50</u>	<u>0,30</u>	<u>0,20</u>	<u>0,10</u>
A540, A600, A800, A1000	γ_{st}	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,96</u>	<u>0,80</u>	<u>0,55</u>	<u>0,30</u>	<u>0,12</u>	<u>0,08</u>
		1,0	1,0	1,0	1,0	0,86	0,66	0,56	0,46
B500, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500, K1400, K1500	β_s	1,0	0,90	0,85	0,80	0,76	0,70	0,66	0,61
		<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,90</u>	<u>0,65</u>	<u>0,35</u>	<u>0,15</u>	<u>0,05</u>	<u>0,02</u>
B500, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500, K1400, K1500	γ_{st}	1,0	1,0	1,0	0,90	0,80	0,60	0,50	0,40
		1,0	0,94	0,86	0,77	0,64	0,55	0,45	0,35

Примечания:

1. Значения коэффициента γ_{st} над чертой и значения коэффициента β_s даны в нагретом состоянии, и они используются при расчете огнестойкости.

2. Значения коэффициента γ_{st} под чертой даны после нагрева в охлажденном состоянии, и они используются при расчете огнесохранности.

3. Значения коэффициента β_s после нагрева равны 1.

Значение модуля упругости арматуры всех видов, кроме канатной, принимается равным $E_s = 200000$ МПа (2000000 кгс/см²), а для канатной арматуры классов К1400 и К1500 $E_s = 180000$ МПа (1800000 кгс/см²).

Влияние температуры на изменение модуля упругости арматуры учитывают умножением модуля упругости арматуры E_s на коэффициент β_s :

$$E_{st} = E_s \beta_s. \quad (1.14)$$

Значение коэффициента β_s принимают по табл. 1.16 по температуре центра тяжести растянутой и сжатой арматуры и по средней температуре хомутов.

С повышением температуры коэффициент температурного расширения α_{st} арматурных сталей увеличивается, и значения его для всех классов сталей допускается принимать одинаковыми в зависимости от температуры нагрева по табл. 1.17.

Таблица 1.17. Значение коэффициента температурного расширения арматуры от класса арматуры

Класс арматуры	Коэффициент температурного расширения арматуры $\alpha_{st} \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ при температуре, $^\circ\text{C}$								
	20	100	200	300	400	500	600	700	800
A240, A300, A400, A500, A540, A600, A800, A1000, B500, Bp1200- Bp1500, K1400, K1500	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

Теплотехнический расчет железобетонных конструкций

Для определения предела огнестойкости железобетонных конструкций необходимо знать распределение температур по бетону поперечного сечения элемента от воздействия стандартного пожара [2]. Температура стандартного пожара изменяется в зависимости от времени согласно уравнению:

$$t = 345 \lg (0,133\tau + 1) + t_e, \quad (1.15)$$

где τ – время нагрева, с; t_e – начальная температура, $^\circ\text{C}$.

При начальной температуре $t_e = 20$ $^\circ\text{C}$ по уравнению (1.15) температура среды поднимается в зависимости от времени огневого воздействия (табл. 1.18). Решение задачи нестационарной теплопроводности сводится к определению температуры бетона в любой точке поперечного сечения элемента в заданный момент времени. Функциональная зависимость температуры от времени описывается дифференциальным уравнением теплопроводности Фурье при нелинейных граничных условиях и сложном процессе тепло- и массопереноса.

Таблица 1.18. Зависимость подъема температуры среды от времени огневого воздействия

Время, мин	$t, ^\circ\text{C}$	Время, мин	$t, ^\circ\text{C}$	Время, мин	$t, ^\circ\text{C}$
5	576	50	915	120	1049
10	679	60	945	150	1082
15	738	70	970	180	1110
20	781	80	990	210	1133
25	810	90	1000	240	1153
30	841	100	1025	270	1170
40	885	110	1035	300	1186

Алгоритм расчета представляет собой систему уравнений для определения температуры в каждом узле накладываемой на сечение координатной сетки. Координатная сетка накладывается так, чтобы ее узлы располагались не только в толщине сечения, но и по его периметру, а также в центре стержней для конструкций с гибкой арматурой и по длине полков и стенки в середине их толщины для конструкций с жесткой арматурой. Шаг сетки рекомендуется задавать в пределах 0,01-0,03 м, но обязательно больше максимального диаметра рабочей арматуры.

Для теплотехнического расчета железобетонных элементов рекомендуется принимать:

- коэффициент теплопроводности тяжелого бетона:
на силикатном заполнителе

$$\lambda = 1,2 - 0,00035t, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}); \quad (1.16)$$

на карбонатном заполнителе

$$\lambda = 1,14 - 0,00055t, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C}); \quad (1.17)$$

- коэффициент удельной теплоемкости:
для тяжелого бетона на силикатном и карбонатном заполнителях

$$C = 0,71 - 0,00083t, \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C}); \quad (1.18)$$

- приведенный коэффициент температуропроводности:

$$a_{red} = \lambda / (C + 50W)\rho, \text{ м}^2/\text{ч}, \quad (1.19)$$

где λ и C – расчетные средние коэффициенты теплопроводности и теплоемкости бетона при 450 °С;

ρ – плотность сухого бетона, кг/м³;

W – весовая эксплуатационная влажность бетона, кг/кг.

В элементах с жесткой арматурой, у которых наблюдается перепад температуры по длине полок и высоте стенок жесткой арматуры, необходимо учитывать теплопроводность стали.

Коэффициент теплопроводности стали равен:

$$\lambda = 58 - 0,0048t, \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)} \quad (1.20)$$

Коэффициент теплоемкости стали равен:

$$C = 0,48 - 0,00063t, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)} \quad (1.21)$$

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Введение

Во введении необходимо отразить развитие отрасли строительных материалов в настоящий момент, актуальность использования железобетонных конструкций. Показать необходимость определения огнестойкости строительных конструкций и степени огнестойкости здания.

2.2. Теоретическая часть

В теоретической части, используя теоретический материал главы 1 настоящего учебно-методического пособия, необходимо дать определение бетонных и железобетонных изделий, привести примеры железобетонных конструкций.

Перечислить номенклатуру конструкций для производственных зданий.

Дать характеристику огнестойкости зданий и сооружений. Привести классификацию зданий и сооружений по огнестойкости.

Описать способы расчета предела огнестойкости железобетонной конструкции.

2.3. Характеристика здания и строительных конструкций

В пояснительной записке курсант (студент) выписывает исходные данные по заданию к курсовому проекту.

2.3.1. Краткая характеристика здания

Учащемуся нужно описать назначение здания, количество этажей, количество пролетов по ширине и длине здания, площадь пожарного отсека.

Рассчитать высоту, ширину и длину здания, а также площадь 1 этажа.

При расчете высоты здания высота этажа определяется по высоте колонны. Для расчета высоты здания высоту этажа умножают на количество этажей и прибавляют высоту условной кровли – 1 м. Если в задании нет колонны, то высоту этажа условно принимают 6 м.

При расчете ширины и длины здания длину ригеля умножают на число пролетов. Если в задании отсутствует ригель, то длину пролета условно принимают равной 6 м.

Дается описание конструктивной схемы здания, категории здания по техническому регламенту (ст. 27) [5].

2.3.2. Краткая характеристика строительных конструкций

Из заданий на курсовое проектирование (табл. 1.8) выписывается размер, тип железобетонных конструкций и их характеристики: плиты перекрытия, ригелей, колонн. Зарисовывается эскиз конструкции.

Описываются схемы нагружения, наиболее нагруженные сечения конструкций с указанием размеров конструкций. Выписываются характеристики арматуры. Нормативная нагрузка.

2.4. Определение требуемых пожарно-технических характеристик строительных конструкций и здания

2.4.1. Определение требуемой степени огнестойкости здания

На основании п.6.1 (табл. 6) [6] курсант (студент) определяет требуемую огнестойкость здания с описанием категории здания по взрывопожарной и пожарной опасности [10].

Необходимо дать ссылку на используемый нормативный документ, его пункты, таблицы, примечания.

Указываются характеристики здания, необходимые для определения требуемой степени огнестойкости.

2.4.2. Определение требуемых классов конструктивной и функциональной пожарной опасности здания

По п.6.1 (табл. 6) [6] курсант (студент) определяет требуемый класс конструктивной пожарной опасности здания.

По техническому регламенту [5] (ст.32) курсант (студент) определяет класс функциональной пожарной опасности здания. Дается описание класса функциональной пожарной опасности.

2.4.3. Определение требуемых пожарно-технических характеристик строительных конструкций

На основании табл. 21 и табл. 22 [5] и по табл. 1.8 курсант (студент) определяет требуемые пределы огнестойкости и требуемый класс конструктивной пожарной опасности для строительных конструкций. Результаты сводятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Требуемые пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций

№ п/п	Наименование строительной конструкции	Предусмотрено проектом		Ссылка на нормативные документы
		ПО _{гр2} (мин.)	К _{гр2}	
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Плита перекрытия			
2.	Колонна (Ригель)			

ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Огнестойкость строительных конструкций может быть определена двумя способами:

1 способ. По нормативно-справочным данным, в которых указаны фактические пожарно-технические характеристики строительных конструкций (Пособие по определению огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов [8]).

В практике удобным является использование для оценки огнестойкости накопленного банка данных по результатам испытаний строительных конструкций. По таблицам пособия [8] можно быстро и просто определить фактические пределы огнестойкости строительных конструкций.

2 способ. Определение огнестойкости строительных конструкций по статическому и теплотехническому расчетам.

Статический и теплотехнический расчет является наиболее точным определением фактических пределов огнестойкости конструкций, поэтому в практике проектирования зданий и сооружений он получил широкое применение, его можно использовать и для точного определения остаточной прочности конструкций после пожара.

3.1. Определение фактических пожарно-технических характеристик строительных конструкций с помощью пособия по определению огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов

Курсант (студент) по пособию [8] определяет фактическую огнестойкость строительных конструкций. При этом подробно расписывает расчет огнестойкости (если это необходимо) с учетом класса арматуры (п.2.18.) [8], с учетом сочетания длительно действующей части нагрузки G_{ser} к полной нагрузке V_{ser} , используя интерполяцию [8].

В пособии [8] указывается огнестойкость в часах и предел распространения пламени в см., что соответствует старой пожарно-технической характеристике строительных конструкций по СНиП 2.01.02-85*. В настоящее время с введением Федерального закона №123 – ФЗ [5] пожарно-технические характеристики изменились. Огнестойкость указывается в минутах, при этом указываются предельные состояния, по которым испытывается строительная конструкция (R, E, I). Найденное время в часах переводим в минуты и указываем предельное состояние в соответствии с Федеральным законом №123 – ФЗ строительные конструкции из железобетона являются негорючими, поэтому указываем для всех конструкций – K0 (непожароопасные).

В табл. 3.1–3.5 приведены расстояния от обогреваемой поверхности до оси арматуры (рис.3.1 и 3.2).

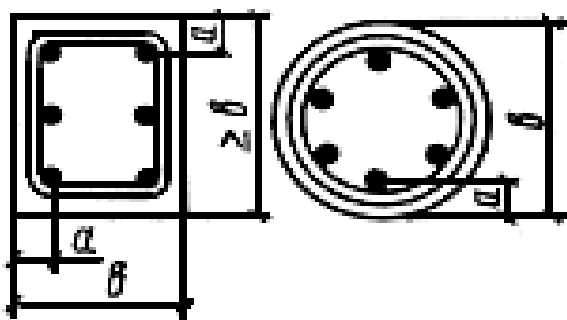


Рис. 3.1. Расстояния до оси арматуры

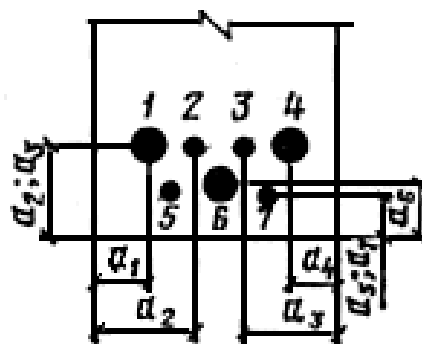


Рис. 3.2. Среднее расстояние до оси арматуры

В случаях расположения арматуры в разных уровнях среднее расстояние до оси арматуры a должно быть определено с учетом площадей арматуры (A_1, A_2, \dots, A_n) и соответствующих им расстояний до осей (a_1, a_2, \dots, a_n), измеренных от ближайшей из обогреваемых (нижней или боковой) поверхностей элемента, по формуле:

$$a = \frac{A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2 + \dots + A_n \cdot a_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4.1)$$

3.1.1. Определение фактических пожарно-технических характеристик строительных конструкций

Табл. 3.1 – 3.5 составлены для железобетонных элементов с ненапрягаемой и преднапряженной арматурой в предположении, что критическая температура нагрева арматуры равна 500 °С. Это соответствует арматурным сталям классов А-I, А-II, А-Iв, А-IIIв, А-IV, Ат-IV, А-V, Ат-V. Отличие критических температур для других классов арматуры следует учитывать, умножая приведенные в табл. 3.1 – 3.5 пределы огнестойкости на коэффициент φ или деля приведенные в табл. 3.1 – 3.5 расстояния до осей арматуры на этот коэффициент. Значения φ следует принимать:

1. Для перекрытий и покрытий из сборных железобетонных плоских плит сплошных и многопустотных, армированных:

а) сталью класса А-III, равным 1,2;

б) сталями классов А-VI, Ат-VI, Ат-VII, В-I, ВР-I, равным 0,9;

в) высокопрочной арматурной проволокой классов В-II, Вр-II или арматурными канатами класса К-7, равным 0,8.

а) По п.2.22 [8] определяем предел огнестойкости ж/б колонны (табл.3.1).

Таблица 3.1. Предел огнестойкости железобетонных колонн

Вид бетона	Воздействие огня	Ширина b колонны и расстояние до оси арматуры a	Минимальные размеры, мм, железобетонных колонн с пределами огнестойкости, мин					
			30	60	90	120	150	180
Тяжелый	Со всех сторон	b	150	200	240	300	400	450
		a	10	25	35	40	50	50
	С одной стороны	b	100	120	140	160	200	240
		a	10	25	35	40	40	40
Легкий ($\gamma_s = 1,2$ т/м ³)	Со всех сторон	b	150	160	190	240	320	360
		a	10	25	35	40	40	40
	С одной стороны	b	100	100	115	130	160	190
		a	10	25	35	40	40	40

б) По п.2.26 [8] определяем предел огнестойкости ригеля (табл. 3.2, 3.3):

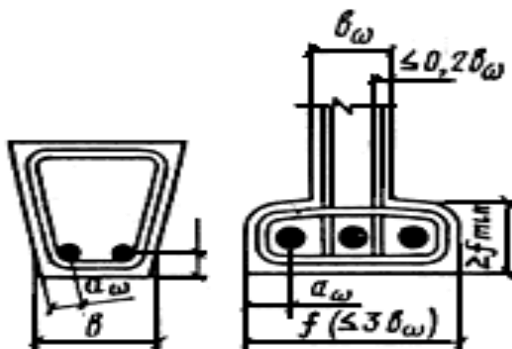


Рис. 3.3. Армирование балок и расстояния до оси арматуры

Таблица 3.2. Предел огнестойкости железобетонных балок из тяжелого бетона

Пределы огнестойкости, ч	Ширина балки b и расстояние до оси арматуры a	Минимальные размеры железобетонных балок, мм				Минимальная ширина ребра b_w мм
		80	120	160	200	
30	b	80	120	160	200	80
	a	25	15	10	10	
60	b	120	160	200	300	100
	a	40	35	30	25	
90	b	150	200	280	400	100
	a	55	45	40	35	
120	b	200	240	300	500	120
	a	65	55	50	45	
150	b	240	300	400	600	140
	a	80	70	65	60	
180	b	280	350	500	700	160
	a	90	80	75	70	
		$a_w = a + 10$			$a_w = a$	

Таблица 3.3. Предел огнестойкости железобетонных балок из легкого бетона

Пределы огнестойкости, мин	Ширина балки b и расстояние до оси арматуры a	Минимальные размеры железобетонных балок, мм				Минимальная ширина ребра b_{ω} , мм
		80	120	160	200	
30	b	25	15	10	10	80
	a	80	120	160	200	
60	b	40	30	25	20	80
	a	100	160	200	300	
90	b	55	40	35	30	80
	a	120	200	280	400	
120	b	65	50	40	35	100
	a	160	240	300	500	
150	b	80	65	55	50	115
	a	190	300	400	600	
180	b	90	75	65	55	130
	a	225	350	500	700	
		$a_{\omega} = a + 10$			$a_{\omega} = a$	

Для статически определимых свободно опертых балок, нагреваемых с трех сторон, пределы огнестойкости, ширина балок b и расстояния до оси арматуры a , a_{ω} (рис.3.3) приведены для тяжелого бетона в табл. 3.2 и для легкого ($\gamma_s = 1,2 \text{ т/м}^3$) в табл.3.3.

в) По п.2.27 [8] определяем предел огнестойкости плиты перекрытия (табл. 3.5).

Для свободно опертых плит предел огнестойкости, толщина плит t , расстояние до оси арматуры a приведены в табл. 3.5. Минимальная толщина плиты t обеспечивает требование по прогреву: температура на необогреваемой, прилегающей к полу поверхности в среднем повысится не более чем на $160 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и не превысит $220 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Засыпки и пол из негорючих материалов объединяются в общую толщину плиты и повышают предел ее огнестойкости. Сгораемые изоляционные слои, уложенные на цементную подготовку, не снижают предел огнестойкости плит и могут применяться. Дополнительные слои штукатурки могут быть отнесены к толщине плит.

Эффективная толщина многпустотной плиты для оценки предела огнестойкости определяется делением площади поперечного сечения плиты, за вычетом площадей пустот, на ее ширину.

При определении предела огнестойкости статически неопределимых плит учитывается их статическая схема работы. Предел огнестойкости статически неопределимых конструкций больше, чем предел огнестойкости статически определимых, если в местах действия отрицательных моментов имеется необходимая арматура. Увеличение предела огнестойкости статически неопределимых изгибаемых железобетонных элементов зависит от соотношения площадей сечения арматуры над опорой и в пролете согласно табл. 3.4.

Таблица 3.4. Увеличение предела огнестойкости статически неопределимых изгибаемых железобетонных элементов

Отношение площади арматуры над опорой к площади арматуры в пролете	Увеличение предела огнестойкости изгибаемого статически неопределимого элемента, %, по сравнению с пределом огнестойкости статически определимого элемента
0,25	10
0,5	25
1	50
2	150

При этом толщина плит и расстояния до оси арматуры должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 8 [8].

Пределы огнестойкости многопустотных, в том числе с пустотами, расположенными поперек пролета, и ребристых с ребрами вверх панелей и настилов следует принимать по табл. 3.5, умножая их на коэффициент 0,9.

Таблица 3.5. Пределы огнестойкости многопустотных плит перекрытия

Вид бетона и характеристики плиты		Минимальные толщина плиты t и расстояние до оси арматуры a, мм	Пределы огнестойкости, ч						
			15	30	60	90	120	150	180
Тяжелый	Толщина плиты	t	30	50	80	100	120	140	155
	Опираение по двум сторонам или по контуру при $l_y / l_x \geq 1,5$	a	10	15	25	35	45	60	70
	Опираение по контуру $l_y / l_x < 1,5$	a	10	10	10	15	20	30	40
Легкий ($\gamma_g = 1,2$ т/м ³)	Толщина плиты	t	30	40	60	75	90	105	120
	Опираение по двум сторонам или по контуру при $l_y / l_x \geq 1,5$	a	10	10	20	30	40	50	55
	Опираение по контуру $l_y / l_x < 1,5$	a	10	10	10	10	15	25	30

3.1.2. Определение фактической огнестойкости здания

Результаты экспертизы пожарно-технических характеристик строительных конструкций сводим в табл. 3.6.

Таблица 3.6. Фактические пожарно-технические характеристики строительных конструкций и фактическая огнестойкость здания

№ п/п	Наименование строительной конструкции	В соответствии с пособием [8]		Ссылка на нормативные документы	Максимальная СО здания, где применяется строительная конструкция	Фактическая огнестойкость здания
		Пф.	Кф.			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1.	Пустотная плита перекрытия					
2.	Колонна (Ригель)					

3.2. Определение фактической огнестойкости строительных конструкций расчетом

3.2.1. Основные требования и принимаемые допущения при проведении расчетов огнестойкости железобетонных конструкций

Предел огнестойкости железобетонных конструкций определяют путем расчета несущей (R) и теплоизолирующей способности (I) при воздействии стандартного температурного режима. Полученные результаты допускается использовать на стадии проектирования конструкций (потеря целостности определяется только экспериментом).

При расчёте предела огнестойкости строительной конструкции по несущей способности допускается рассматривать составляющие её элементы как статически определимые.

Расчет предела огнестойкости строительной конструкции выполняется с учетом следующих допущений:

- расчёту подвергается отдельно взятая конструкция или конструктивный элемент без учёта связи с другими конструкциями;
- конструктивные элементы в условиях действия температуры нагреваются одинаково по всей длине или высоте;
- утечками тепла по торцам конструкции пренебрегают;
- температурные напряжения в конструкции, появляющиеся в результате её неравномерного прогрева и в силу изменений упруго-пластичных свойств материала, не учитываются.

Для определения несущей способности конструкции в начале находят распределение температуры по сечению или в отдельных точках сечения конструкции в момент времени τ , затем вычисляют несущую способность конструкции в тот же момент времени, с учётом изменения механических свойств прогретых бетона и арматуры.

Оценка теплоизолирующей способности конструкции, т.е. температуры на её необогреваемой поверхности в момент времени от начала огневого испытания, производится путём решения теплотехнической задачи прогрева сечения конструкции с учётом условий теплообмена на обогреваемых и необогреваемых поверхностях. Найденная величина температуры необогреваемой поверхности сопоставляется со значением предельно допустимой температуры (прогрев в среднем на 140°C на участке или более 180°C в точке).

Допускается не определять точное значение предела огнестойкости конструкции, ограничиваясь проверкой сохранения конструкцией теплоизолирующей и несущей способности в момент времени τ_1 (от начала огневого воздействия), равный требуемому пределу огнестойкости.

Если в момент времени τ_1 несущая способность конструкции будет недостаточна для восприятия приложенной нагрузки или температура на необогреваемой поверхности превысит допустимые значения, (фактический предел огнестойкости конструкции меньше требуемого) необходимо внести изменения в проект здания или повысить огнестойкость конструкции с помощью защитных слоев.

Для определения точного значения предела огнестойкости конструкции следует выбрать момент времени τ_1 и τ_2 ($\tau_1 < \tau_2$), в интервале которых находится ожидаемое значение предела огнестойкости.

Затем строят график (рис. 3.4) снижения ее несущей способности во времени. По этому графику находят предел огнестойкости, то есть время нагревания, по истечении которого несущая способность конструкции снизится до рабочей нагрузки, то есть когда будет иметь место равенство:

$$M_{pt}(N_{pt}) = M_n(N_n), \quad (3.1)$$

где $M_{pt}(N_{pt})$ – несущая способность изгибаемой (сжатой или внецентровой сжатой) конструкции;

$M_n(N_n)$ – изгибающий момент (продольное усилие) от нормативной или другой рабочей нагрузки.

Если расчёт теплоизолирующей и несущей способности конструкции для моментов времени τ_1 и τ_2 подтвердит, что между ними достигается предельное состояние по несущей или теплоизолирующей способности, то значение предела огнестойкости конструкции допускается определять по линейной интерполяции или графику определяющему огнестойкость (зависимость времени огневого воздействия от несущей способности конструкции) $\Phi_{tem} = N_{ptem}(M_{ptem})$ (рис.3.4).

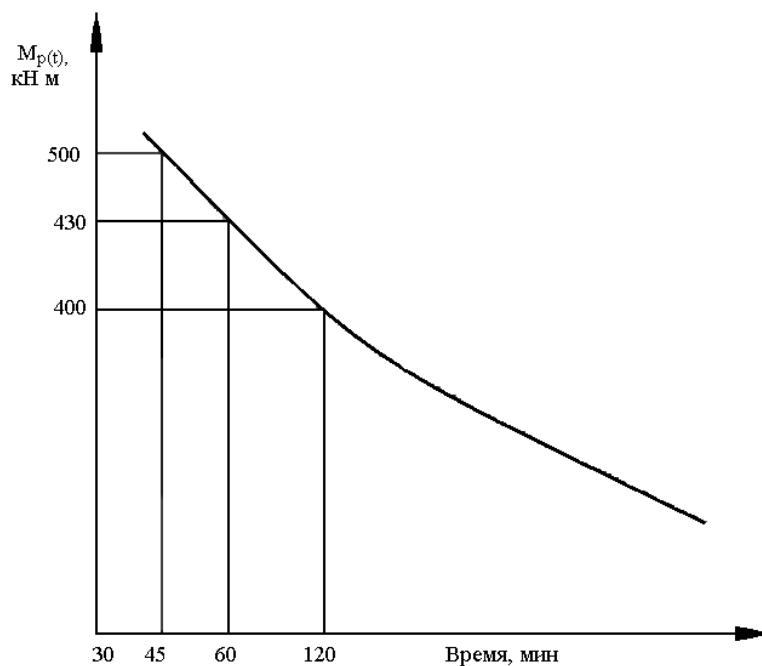


Рис. 3.4. Схема расчета предела огнестойкости конструкций по потере несущей способности

Предел огнестойкости конструкции по несущей способности зависит от нормативных нагрузок. При расчёте конструкций на огнестойкость допускается учитывать лишь нормативные значения постоянных и длительных нагрузок (приложения 10 и 11).

3.2.2. Порядок проведения расчета предела огнестойкости железобетонной пустотной плиты перекрытия

При решении статической задачи расчета огнестойкости сечение многопустотных железобетонных плит (рис. 3.5.) приводят к расчетному - тавровому сечению (рис. 3.6, 3.7).

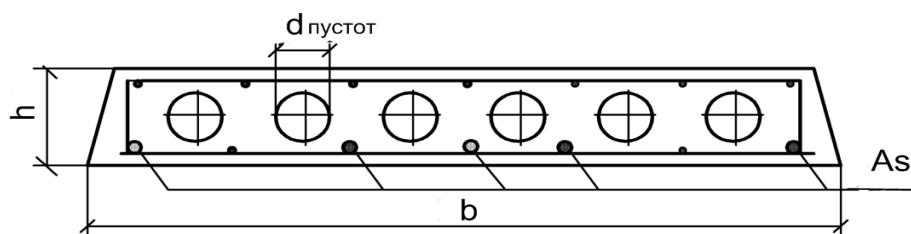


Рис. 3.5. Сечение многопустотной железобетонной плиты: b – ширина плиты; h – толщина плиты; A_s – суммарное сечение арматуры; $d_{пустот}$ – диаметр пустот

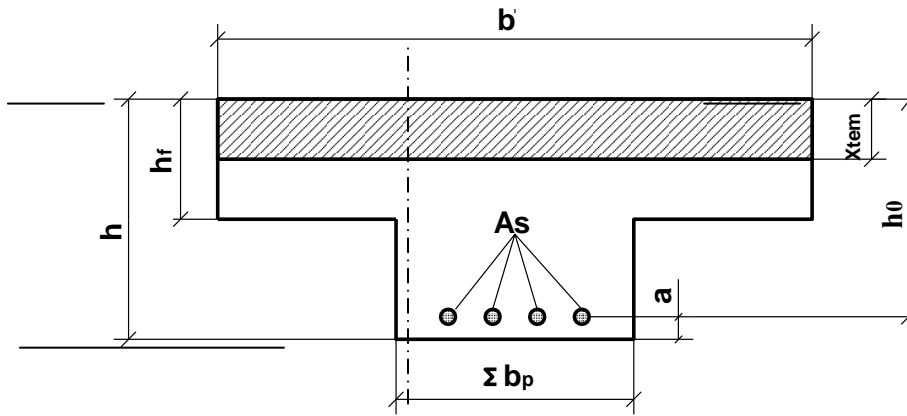


Рис.3.6. Тавровое сечение изгибаемого элемента если $x_{tem} \leq h'_f$: b – ширина плиты; h – толщина плиты; a – толщина защитного слоя бетона с учётом толщины стержня; h_0 – толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам при изгибе; h_f – приведенная толщина полки; A_s – суммарное сечение арматуры; Σb_p – расчетная ширина плиты; x_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии

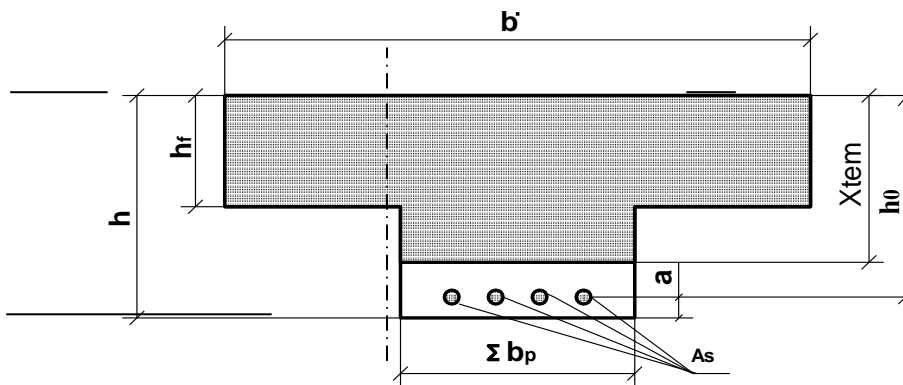


Рис.3.7. Тавровое сечение изгибаемого элемента если $x_{tem} > h'_f$: b – ширина плиты; h – толщина плиты; a – толщина защитного слоя бетона с учётом толщины стержня; h_0 – толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам при изгибе; h_f – приведенная толщина полки; A_s – суммарное сечение арматуры; Σb_p – расчетная ширина плиты; x_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии

3.2.2.1 Определение расчетных параметров плиты

3.2.2.1.1. Рассчитаем толщину защитного слоя бетона с учётом толщины стержня a :

$$a = a_1 + d/2 \text{ (мм)}, \quad (3.2)$$

где: a_1 – толщина защитного слоя бетона;

d – диаметр стержня арматуры.

3.2.2.1.2. Рассчитаем приведенную толщину полки h_f :

$$h_f = \frac{h - d_{пустот}}{2}, (мм), \quad (3.3)$$

где h – толщина плиты (мм);

$d_{пустот}$ – диаметр пустот плиты (мм).

3.2.2.1.3. Рассчитаем толщину плиты, учитываемую при расчете по нагрузкам на изгиб h_0 :

$$h_0 = h - a, (мм), \quad (3.4)$$

где h – толщина плиты (мм);

a – расстояние от края плиты до середины стержня арматуры (мм).

3.2.2.1.4. Определим расчетную ширину плиты Σb_p :

$$\Sigma b_p = b - \Sigma d_{пустот}, (мм), \quad (3.5)$$

где b – ширина плиты;

$\Sigma d_{пустот}$ – сумма диаметров всех пустот плиты.

3.2.2.2. Расчеты максимального изгибающего момента плиты и расчетные сопротивления бетона и арматуры

3.2.2.2.1. Найдем максимальный изгибающий момент M_n :

$$M_n = \frac{q_n \times l_0^2}{8}, (МПа), \quad (3.6)$$

где q_n – нормативная нагрузка равномерно распределённая, Мпа (вычисляется исходя из задания – отношения расчетной нагрузки к нормативной);

l_0 – расчётная длина плиты (мм).

3.2.2.2.2. Найдем расчетные сопротивления в зависимости от класса бетона R_{bu} :

$$R_{bu} = \frac{R_{bn}}{\gamma_b}, (МПа), \quad (3.7)$$

где R_{bn} – нормативная нагрузка по бетону (приложение 10);

$\gamma_b = 0,83$ – коэффициент надёжности по бетону.

3.2.2.2.3. Найдем расчетные сопротивления для арматуры:

$$R_{su} = \frac{R_{sn}}{\gamma_s}, (МПа), \quad (3.8)$$

где R_{sn} – нормативная нагрузка по арматуре (приложение 11);

$\gamma_s = 0,9$ – коэффициент надёжности по арматуре.

3.2.2.2.4. При растянутой арматуре разного сечения, суммарное сечение вычисляем по формуле:

$$\Sigma A_s = A_{s1} + A_{s2} + \dots + A_{sn} \quad (3.9)$$

3.2.2.3. Расчет высоты сжатой зоны бетона в предельном состоянии x_{tem}

Она определяется по формуле если $x_{tem} \leq h_f$:

$$x_{tem} = h_0 - \sqrt{h_0^2 - 2 \frac{M_n}{R_{bu} b'_f}}, (мм), \quad (3.10)$$

где h_0 – толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам на изгиб;

M_n – максимальный изгибающий момент;

R_{bu} – расчетные сопротивления в зависимости от класса бетона (п. 3.2.2.2.2);

h_f – приведенная толщина полки;

b_f, b'_f – ширина полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

принимая $b_f, b'_f = b$ – ширине плиты.

Если высота сжатой зоны бетона окажется после расчета больше, чем высота полки, т.е. $x_{tem} > h_f$, то пересчитываем по формуле:

$$x_{tem} = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2[M_n - h'_f (b'_f - \sum b_p) R_{bu} (h_0 - 0,5h'_f)]}{R_{bu} \sum b_p}}, (мм), \quad (3.11)$$

где $\sum b_p$ – расчетная ширина плиты;

h_0 – толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам на изгиб;

M_n – максимальный изгибающий момент;

R_{bu} – расчетные сопротивления в зависимости от класса бетона;

h_f, h'_f – высота полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

$b'_f = b$ – ширине плиты.

3.2.2.4. Расчет напряжения в растянутой зоне железобетонной плиты σ_{stem} если

$$x_{tem} \leq h_f, \text{ то: } \sigma_{stem} = \frac{b \cdot x_{tem} \cdot R_{bu}}{A_s} \quad (3.12)$$

где b – ширина плиты;

x_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии;

R_{bu} – расчетные сопротивления в зависимости от класса бетона;

A_s – суммарное сечение арматуры.

если $x_{tem} > h_f$, то:

$$\sigma_{stem} = \frac{R_{bu} [h'_f b'_f + (x_{tem} - h'_f) \sum b_p]}{A_s} \quad (3.13)$$

где $b'_f = b$ – ширине плиты;

h_f, h'_f – высота полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

x_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии;

R_{bu} – расчетные сопротивления в зависимости от класса бетона;

$\sum b_p$ – расчетная ширина плиты;

A_s – суммарное сечение арматуры.

3.2.2.5. Определение коэффициента снижения надежности прочности по арматуре $\gamma_{s\text{ tem}}$ при прогреве:

$$\gamma_{s\text{ tem}} = \frac{\sigma_{s\text{ tem}}}{R_{su}}, \quad (3.14)$$

где $\sigma_{s\text{ tem}}$ - напряжения в растянутой зоне железобетонной плиты;
 R_{su} - расчетные сопротивления для арматуры (п. 3.2.2.2.3).

3.2.2.6. Расчет критической температуры t_{cr}

Расчет критической температуры производим по найденному значению $\gamma_{s\text{ tem}}$, (приложение 4).

3.2.2.7. Определение значения функции ошибок Гаусса

$$\text{erf}X = \frac{1250 - t_{scr}}{1250 - t_H}, \quad (3.15)$$

где t_{scr} - критическая температура арматуры, $^{\circ}\text{C}$;
 t_H - начальная температура, $^{\circ}\text{C}$.

По приложению 1 найдем X .

3.2.2.8. Расчет фактического предела огнестойкости для плиты со сплошным сечением:

$$\tau = \left(\frac{K + \frac{a + K_1 d}{\sqrt{a_{red}}}}{2X} \right)^2, (\text{мин}), \quad (3.16)$$

где d - диаметр арматурного стержня, м;

K_1 - коэффициент, учитывающий влияние массы металла стержня на его прогрев при различных плотностях бетона (приложение 3);

K - коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона (по приложению 2);

a - толщина защитного слоя бетона, м;

a_{red} - приведенный коэффициент температуропроводности при температуре 450°C .

Приведенный коэффициент температуропроводности a_{red} определяется по формуле:

$$a_{red} = \frac{\lambda_{tem}}{(C_{tem,m} + 50,4w_B)\rho_{oc}}, \quad (3.17)$$

где w_B - весовая эксплуатационная влажность бетона, %;

$$\rho_{oc} = \frac{100\rho}{100 + w_g} - \text{средняя плотность бетона в сухом состоянии, кг/м}^3; \quad (3.18)$$

ρ - плотность бетона по заданию, кг/м^3 ;

λ_{tem} - средний коэффициент теплопроводности ($\text{Вт/м}^{\circ}\text{C}$);

C_{tem} – средний коэффициент теплоемкости (кДж/кг·°С).

По приложению 13 находим λ_{tem} и C_{tem} – расчетные средние коэффициенты теплопроводности и теплоемкости бетона при 450 °С.

ρ – плотность сухого бетона, кг/м³.

Определяем a_{red} и τ .

Полученный результат необходимо умножить на коэффициент 0,9, учитывающий более быстрый прогрев арматуры в многопустотных и ребристых (с ребрами вверх) панелях и настилах. Это значение является фактическим пределом огнестойкости $P_{ф}$.

3.2.3. Порядок проведения расчета предела огнестойкости железобетонной балки (ригеля)

Отличительными особенностями стержневых элементов по сравнению с плоскими конструкциями являются наличие арматуры в сжатой зоне и, как правило, огневое воздействие на сжатую зону по боковым сторонам поперечного сечения [11].

При обогреве балки с трех сторон размеры сжатой зоны бетона уменьшаются по высоте в основном за счет деформаций растянутой арматуры до величины x_{tem} в момент предельного состояния конструкции, а по ширине – за счет потери прочности наружными слоями бетона $\delta_{x,tem}$. В результате прогрева сжатой арматуры ее сопротивление уменьшается по сравнению с первоначальным R_{sn} на величину коэффициента снижения прочности $\gamma_{s,tem}$.

При решении статической задачи расчета огнестойкости железобетонной балки (ригеля) (рис. 3.8) составляется схема распределения расчетной нагрузки (рис. 3.9) и расчетная схема ригеля (рис.3.10).

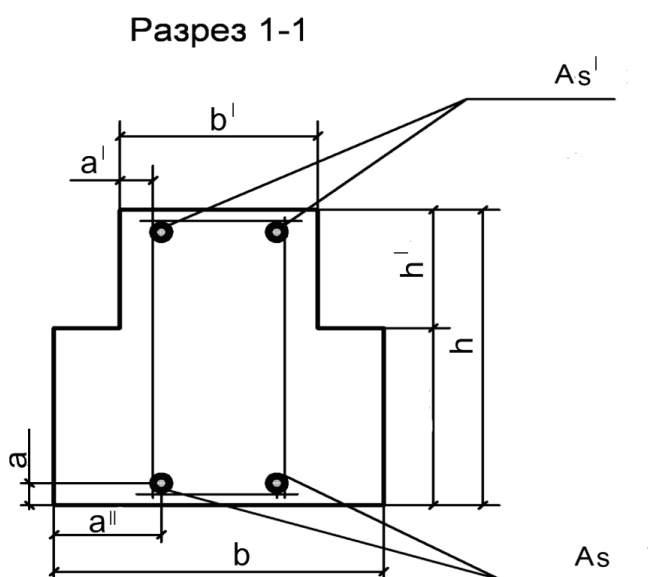


Рис.3.8. Сечение железобетонного ригеля: b – ширина нижнего ребра таврового сечения; b' – ширина верхнего ребра таврового сечения; h – толщина ригеля; h' расстояние от полки ригеля до верхнего ребра; A_s – суммарное сечение нижней арматуры; A_s' – суммарное сечение верхней арматуры; a , a' , a'' – толщина защитного слоя бетона в разных участках ригеля

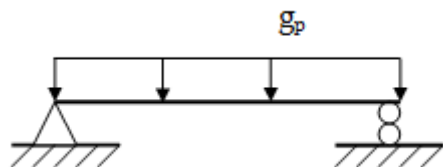


Рис. 3.9. Распределение расчетной нагрузки g_p

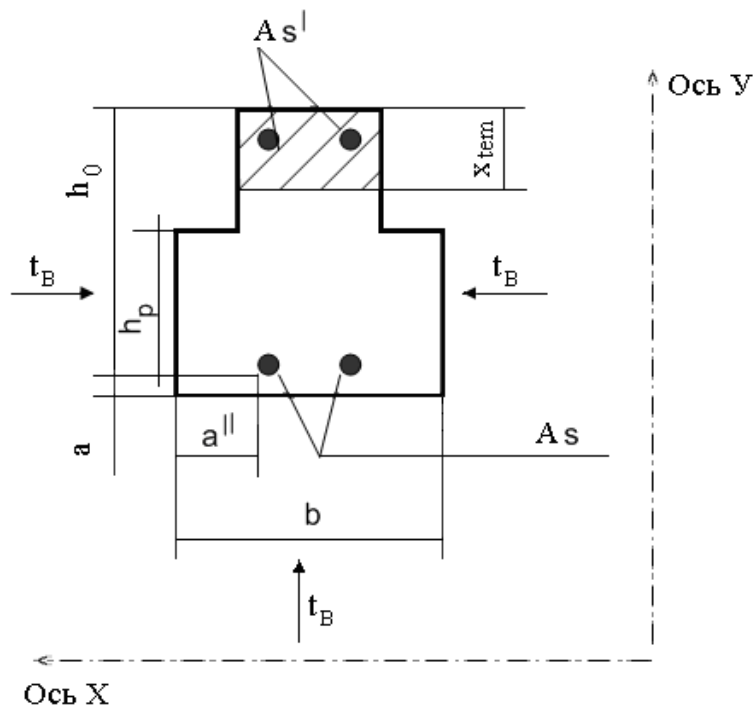


Рис. 3.10. Расчетная схема ригеля: b – ширина нижнего ребра таврового сечения; h_o – рабочая высота сечения; h_p – высота прогретой зоны; A_s – суммарное сечение нижней арматуры; A_s^I – суммарное сечение верхней арматуры; a, a'' – толщина защитного слоя бетона в разных участках ригеля; x_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии, t_B – температура воздействующая на ригель

3.2.3.1. Расчетные данные для составления расчетной схемы

Определяем толщину защитного слоя бетона с учётом толщины стержня

a_1 :

$$a_1 = a + d/2 \text{ (мм)} \quad (3.19)$$

где: a - толщина защитного слоя бетона;

d – диаметр стержня арматуры.

3.2.3.2. Расчет сопротивления бетона и арматуры

Расчетное сопротивление бетона по прочности при сжатии определяется по следующему уравнению:

$$R_{bu} = \frac{R_{bn}}{\gamma_b}, \text{ (МПа)}, \quad (3.20)$$

где R_{bn} – нормативное значение сопротивления бетона по прочности при сжатии, МПа (табл. 1.9, приложение 10);

γ_b – коэффициент надёжности по бетону (табл. 1.10).

Расчетное сопротивление растяжения арматуры определяется по следующему уравнению:

$$R_{su} = \frac{R_{sn}}{\gamma_s}, (\text{МПа}), \quad (3.21)$$

где R_{sn} – нормативное значение сопротивления растяжения арматуры, МПа (табл. 1.14, приложение 11);

γ_s – коэффициент надёжности по арматуре, равный 0,9.

Рассчитываем R_{su} для нижней арматуры и R_{su}^I для верхней арматуры.

3.2.3.3. Расчет изгибающего момента от действия нормативной нагрузки

Изгибающий момент от действия нормативной нагрузки определяется из следующего выражения:

$$M_n = \frac{g_n l_o^2}{8}, (\text{кН} \cdot \text{м}), \quad (3.22)$$

где g_n – нормативная нагрузка, кН/м. Она равна:

$$g_n = \frac{g_p}{1,2}, (\text{кН} / \text{м}), \quad (3.23)$$

g_p – расчётная нагрузка, кН/м (по заданию);

l_o – длина ригеля, м.

3.2.3.4. Определение требуемого предела огнестойкости по ФЗ № 123 [5]

По ранее найденной в соответствии с СП 2.13130.2012 [6] степенью огнестойкости здания определяем требуемый предел огнестойкости ригеля τ по табл.1.2. или табл. 21 [5] в минутах.

3.2.3.5. Определение коэффициентов относительной избыточной температуры θ по осям ОХ и ОУ

По требуемому пределу огнестойкости ригеля определяем коэффициенты относительной избыточной температуры θ по осям ОХ и ОУ для времени воздействия пламени τ в минутах.

Коэффициенты относительной избыточной температуры θ по осям ОХ и ОУ для времени воздействия пламени τ (мин) равному требуемому пределу огнестойкости ригеля определяются по следующим выражениям:

по оси ОХ :

$$\theta_x = \text{erf} \frac{K \sqrt{a_{red}} + a^{\parallel}}{2 \sqrt{a_{red} \cdot \tau}} + \text{erf} \frac{K \sqrt{a_{red}} + b - a^{\parallel}}{2 \sqrt{a_{red} \cdot \tau}} - 1 \quad (3.24)$$

где K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, ($\text{с}^{1/2}$) (приложение 2);

a_{red} – приведенный коэффициент температуропроводности, m^2/c (приложение 9);
 a^{\parallel} – толщина защитного слоя бетона ригеля в направлении действия высокой температуры – по заданию, м;

τ – время воздействия пламени (сек) (по п. 3.2.3.4, например, $\tau = 45$ минут = 2700 сек);

b – ширина нижнего ребра таврового сечения, м – по заданию.

$erf(x)$ – значение Гауссова интеграла ошибок, приложение 1.

по оси ОУ:

$$\theta_y = erf \frac{K \sqrt{a_{red}} + a^{\parallel}}{2 \sqrt{a_{red} \cdot \tau}} \quad (3.25)$$

где K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, ($c^{1/2}$) (приложение 2);

a_{red} – приведенный коэффициент температуропроводности, m^2/c (приложение 9);

τ – время воздействия пламени (сек) (п. 3.2.3.4);

a^{\parallel} – толщина защитного слоя бетона ригеля в направлении действия высокой температуры – по заданию, м;

Затем определяем значения Гауссова интеграла ошибок $erf(X)$ по приложению 1.

3.2.3.6. Расчет температур прогретых стержней

Расчет производится по уравнениям:

$$t_{sx} = 1250 - (1250 - t_n) \theta_x, \quad t_{sy} = 1250 - (1250 - t_n) \theta_y \quad (3.26)$$

где t_{sx} – температура прогретых стержней по оси x , $^{\circ}C$;

t_{sy} – температура прогретых стержней по оси y , $^{\circ}C$;

t_n – нормальная температура ($20^{\circ}C$);

θ_x – коэффициент относительной избыточной температуры по оси ОХ;

θ_y – коэффициент относительной избыточной температуры по оси ОУ.

Выбираем для дальнейших расчетов наибольшую температуру прогретых стержней и обозначаем её t_s .

Затем сравниваем расчетные значения коэффициента $\gamma_{s, tem}$, учитывающего снижение расчетного (R_{su}, R_{scu}) сопротивления арматурных стержней в зависимости от температуры их нагрева в напряженном состоянии с полученным значением t_s температуры прогретых стержней по приложению 4.

Если $t_s < t_{cr} \Rightarrow \gamma_{s, tem} = 1$ (приложение 4), то расчет предела огнестойкости ригеля продолжается.

Если $t_s \geq t_{cr} \Rightarrow$ расчет заканчивается, так как произойдет обрушение ригеля в растянутой зоне.

Записываем полученный $\gamma_{s, tem}$.

3.2.3.7. Расчет продольного напряжения в арматуре

Расчет продольного напряжения проводится для нижней и верхней арматур. Продольное напряжение N_{so} (кН) в нижней арматуре рассчитывается по формуле:

$$N_{so} = \gamma_{s\text{ tem}} R_{su} A_s, \text{ кН} \quad (3.27)$$

где $\gamma_{s\text{ tem}}$ – коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления арматурных сталей в зависимости от температуры их нагрева в напряженном состоянии (п. 3.2.3.6);

R_{su} – расчетное значение сопротивления растяжения для нижней арматуры, МПа;

$$A_s = \frac{\pi \cdot d^2}{2} - \text{суммарное сечение нижней арматуры, мм}^2;$$

где d – диаметр стержня нижней арматуры, мм;

Продольное напряжение N'_{so} (кН) в верхней арматуре рассчитывается по формуле:

$$N'_{so} = R_{su}' \cdot A_s', \text{ (кН)}, \quad (3.28)$$

где R_{su}' – расчетное значение сопротивления растяжения для верхней арматуры, МПа;

$$A_s' = \frac{\pi \cdot d'^2}{2} - \text{суммарное сечение верхней арматуры, мм}^2;$$

где d' – диаметр стержня нижней арматуры, мм².

3.2.3.8. Определение высоты сжатой зоны

Высота сжатой зоны (x_{tem}) определяется из равенства:

$$x_{\text{tem}} = \frac{N_{so} - N'_{so}}{R_{bu} b} \quad (3.29)$$

где b' – ширина верхней части ригеля;

R_{bu} – расчетное сопротивление бетона по прочности при сжатии, МПа;

N'_{so} – продольное напряжение в верхней арматуре, кН;

N_{so} – продольное напряжение в нижней арматуре, кН;

h_p – высота прогретой зоны.

Сравниваем высоту сжатой и прогретой зон:

- если $x_{\text{tem}} \geq h_p$, то произойдет обрушение; расчет прекращаем;
- если $x_{\text{tem}} < h_p$, то продолжаем расчет.

3.2.3.9. Определение расчетного момента в ригеле

Расчетный момент в ригеле (M_{pt}) находится из выражения:

$$M_{pt} = R_{bu} \cdot b \cdot X_{\text{tem}} \cdot \left(h - \frac{X_{\text{tem}}}{2} - a \right) + N'_{so} \cdot (h - a' - a), \text{ (кН} \cdot \text{м)}; \quad (3.30)$$

где R_{bu} – расчетное сопротивление бетона по прочности при сжатии, МПа;

a – расстояние от нижнего края ригеля до нижней арматуры, м;

a' – расстояние от верхнего края ригеля до верхней арматуры, м;

h – толщина ригеля, м;

X_{tem} – высота сжатой зоны, м;

N'_{so} – продольное напряжение в верхней арматуре, кН;

b – ширина нижнего ребра таврового сечения, м.

3.2.3.10. Сравнение расчетного момента от прогрева M_{pt} и нормативного момента, действующего на ригель от нормативных нагрузок

Для определения предела огнестойкости ригеля $ПО_{\phi}$ проводим сравнение расчетного момента от прогрева M_{pt} и изгибающего момента от действия нормативной нагрузки момента M_n :

если $M_{pt} < M_n \Rightarrow ПО_{\phi} < ПО_{тр}$;

если $M_{pt} \geq M_n \Rightarrow ПО_{\phi} \geq ПО_{тр}$.

Если предел огнестойкости фактический $ПО_{\phi}$ больше предела огнестойкости требуемого $ПО_{тр}$ ($ПО_{\phi} \geq ПО_{тр}$) то для определения более точного предела огнестойкости ригеля задаются новым временем воздействия огня на ригель и повторяют расчет. Обычно принимают временем воздействия огня на ригель τ равным 60, 120 и 150 минутам. Вычисляют снова M_{pt} сравнивают с M_n до тех пор, пока предел огнестойкости фактический $ПО_{\phi}$ не станет меньше предела огнестойкости требуемого $ПО_{тр}$ ($ПО_{\phi} < ПО_{тр}$). Из полученных данных огнестойкости при промежуточных значениях $ПО_{\phi}$ строят график зависимости расчетного момента от прогрева M_{pt} от временем воздействия огня на ригель τ и определяют по графику точное значение $ПО_{\phi}$, подставляя требуемый предел огнестойкости ригеля (рис. 3.11).

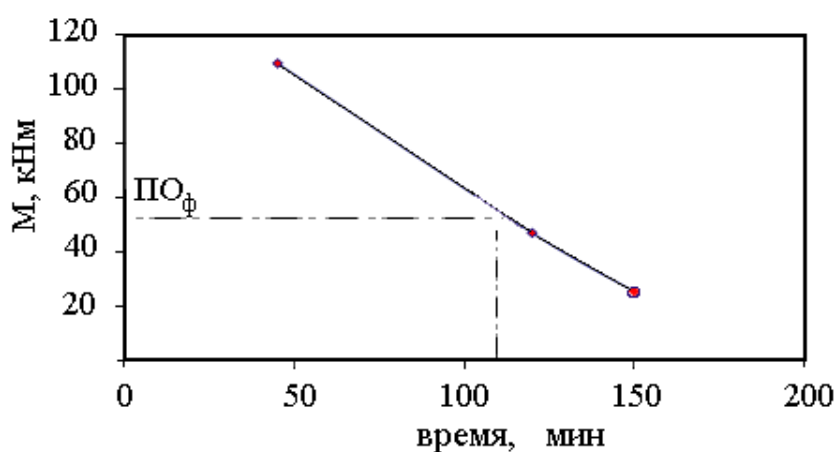


Рис. 3.11. График зависимости расчетного момента ригеля от времени огневого воздействия

3.2.4. Расчет предела огнестойкости колонны среднего ряда

Определение предела огнестойкости колонн среднего ряда сводится к решению теплотехнической и статической задач.

3.2.4.1. Составление расчетной схемы колонн

Составляем расчетную схему колонны:

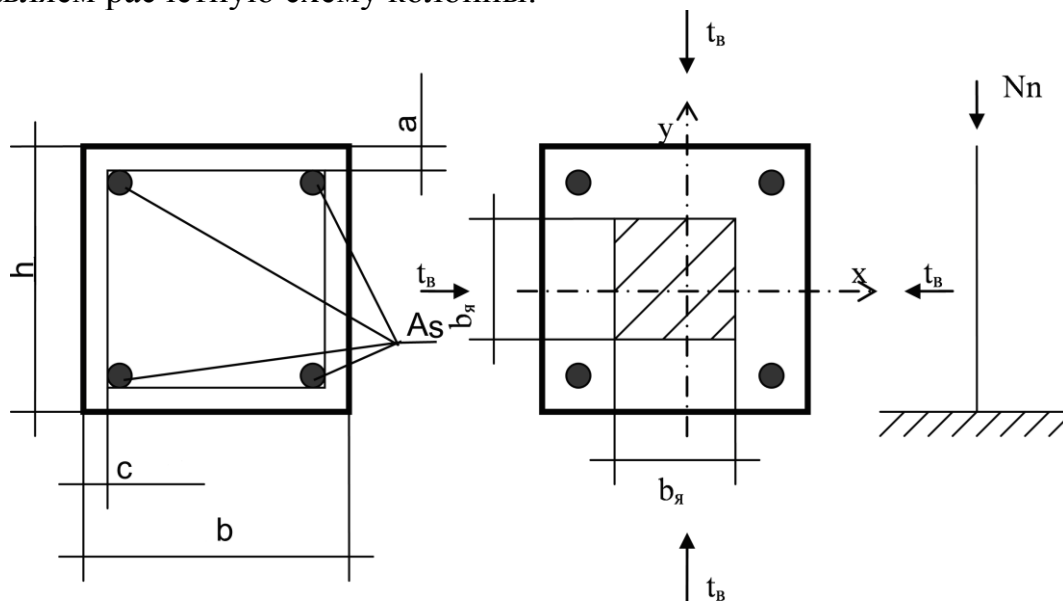


Рис. 3.12. Расчетная схема железобетонной колонны: h – длина колонны; N_p – нормативная нагрузка, кН; b – ширина колонны; $b_я$ – ширина ядра сечения колонны; A_s – суммарное сечение арматуры; a, c – толщина защитного слоя бетона в разных участках колонны

3.2.4.2. Определение расчётных сопротивлений по бетону и арматуре

Расчетное сопротивление бетона по прочности при сжатии определяется по следующему уравнению:

$$R_{bu} = \frac{R_{bn}}{\gamma_b}, (\text{МПа}); \quad (3.31)$$

где R_{bn} – нормативное значение сопротивления бетона по прочности при сжатии, МПа (табл. 1.9, приложение 10);

γ_b – коэффициент надёжности по бетону (табл. 1.10).

Расчетное сопротивление растяжения арматуры определяется по следующему уравнению:

$$R_{su} = \frac{R_{sn}}{\gamma_s}, (\text{МПа}), \quad (3.32)$$

где R_{sn} – нормативное значение сопротивления растяжения арматуры, МПа (табл. 1.14, приложение 11);

γ_s – коэффициент надёжности по арматуре, равный 0,9.

3.2.4.3. Определение коэффициента температуропроводности

Коэффициент температуропроводности ($a_{\text{ред}}$) определяется по формуле:

$$a_{\text{ред}} = \frac{\lambda_{\text{тем}}}{(C_{\text{тем}} + 50,4w_B)\rho}, (\text{м}^2 / \text{с}); \quad (3.33)$$

где λ_{tem} – средний коэффициент теплопроводности (Вт/м · °С);
 C_{tem} – средний коэффициент теплоемкости (Дж/кг · °С);
 W_B – влажность конструкции, отн. ед.;
 P – средняя плотность бетона, кг/м³.

По приложению 13 находим λ_{tem} и C_{tem} при $t = 450^\circ\text{C}$.

Определяем a_{red} .

Для дальнейших расчётов задаёмся интервалами времени воздействия огня на колонну $\tau_1=0$ (мин), $\tau_2=60$ (мин), $\tau_3=120$ (мин).

3.2.4.4. Определение несущей способности колонны при времени воздействия огня на колонну $\tau_1=0$ (мин)

Несущую способность колонны при времени воздействия огня на колонну $\tau_1=0$ (мин) определяют по формуле:

$$N_{p,t,\tau=0} = \varphi_{tem} \cdot (R_{bu} \cdot b \cdot h + R_{su} \cdot \sum A_s) \cdot (H), \quad (3.34)$$

Переводим значение нагрузки в кН.

φ_{tem} – коэффициент продольного изгиба для нагретых колонн (определяется по отношению l_0/b в приложении 12);

l_0 – высота колонны, мм;

b – ширина колонны, мм;

$\sum A_s$ – суммарная площадь сечения арматуры колонны, мм²;

$$\sum A_s = n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.35)$$

n – количество арматурных стержней в колонне;

d – диаметр арматурного стержня колонны, мм;

R_{bu} – расчетное сопротивление бетона по прочности при сжатии, МПа;

R_{su} – расчетное сопротивление растяжения арматуры, МПа;

h – длина колонны, мм.

Сравниваем расчетное значение несущей способности колонны с заданным (нормативным значением нагрузки) N_n .

Если N_{pt} (кН) $\geq N_n$ (кН), то прочность колонны обеспечена.

Если N_{pt} (кН) $<$ (кН), то прочность колонны не обеспечена.

Далее расчет проводится для других заданных значениях τ 60 и 120 мин.

3.2.4.5. Определение несущей способности колонны при времени воздействия огня на колонну $\tau_2=60$ (мин)

Для определения несущей способности колонны при времени воздействия огня на колонну при $\tau_2=60$ мин (3600 сек) находят критерий Фурье по формуле:

$$F_{ox} = F_{oy} = \frac{a_{red} \tau_2}{(0,5b + K \sqrt{a_{red}})^2} \quad (3.36)$$

где τ_2 – время воздействия огня на колонну 3600 сек;

K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, ($c^{1/2}$) (приложение 2);

b – ширина колонны, м;

$F_{Ox} = F_{Oy}$ если длина и ширина колонны равны. Если длина и ширина колонны разные, то F_{Oy} – рассчитывается по формуле:

$$F_{oy} = \frac{a_{red} \tau_2}{(0,5h + K\sqrt{a_{red}})^2} \quad (3.37)$$

где h – длина колонны, м.

3.2.4.6. Определение относительной высоты сжатой зоны бетона
Найдём относительную высоту сжатой зоны бетона по формуле:

$$\xi = 1 - \frac{X}{0,5b + K\sqrt{a_{red}}}, (м), \quad (3.38)$$

где $X=Y=0,5h - a_1 - 0,5 \cdot d$, (м);

h – длина колонны, м;

a_1 – толщина защитного слоя бетона по оси Y , м;

d – диаметр арматурного стержня колонны, м;

b – ширина колонны, м;

K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, ($c^{1/2}$) (приложение 2);

a_{red} – коэффициент температуропроводности, $м^2/с$.

3.2.4.7. Расчет коэффициента относительно избыточной температуры

Коэффициент относительно избыточной температуры (θ) рассчитывается по осям X и Y (на расстоянии a – по оси Y и на расстоянии c – по оси X):

Из приложения 14 по относительной высоте сжатой зоны бетона ξ находим $\theta_x = \theta_y$.

3.2.4.8. Расчет температуры прогретых стержней

Температура крайних стержней определяется по формуле:

$$t_{sy} = 1250 - (1250 - t_H)\theta_y, (^\circ C), \quad (3.39)$$

Температура центральных стержней определяется по формуле:

$$t_{sx} = 1250 - (1250 - t_H)\theta_x, (^\circ C), \quad (3.40)$$

3.2.4.9. Находим коэффициент снижения прочности арматуры в зависимости от её нагрева в напряжённом состоянии γ_{stem} .

Коэффициент снижения прочности арматуры в зависимости от её нагрева в напряжённом состоянии γ_{stem} по полученному значению $t_{sy} = t_{sy}$ находим по приложение 4.

Для определения размеров ядра бетонного сечения необходимо найти относительную высоту прогретой зоны бетона $\xi_{я,x}$. Для этого находим температуру в середине неограниченной пластины.

3.2.4.10. Определение коэффициента температуры в середине неограниченной пластины θ_{ψ}

Величину θ_{ψ} находим из приложения 5 по $F_{Ox}/4$, где F_{Ox} критерий Фурье.

3.2.4.11. Определение температуры центральных стержней $t_{sx=0} = t_{sy=0}$
 $t_{sx=0} = t_{sy=0} = 1250 - (1250 - t_H) \theta_{ц}$, ($^{\circ}\text{C}$), (3.41)
 где $\theta_{ц}$ – коэффициент температуры в середине неограниченной пластины;
 t_H – температура окружающей среды при нормальных условиях, $^{\circ}\text{C}$.

3.2.4.12. Расчет коэффициентов относительно избыточной температуры
 в центре колонны ($\theta_{яx}$, $\theta_{яy}$)

$$\theta_{яx} = \theta_{яy} = \frac{1250 - t_B}{1250 - t_H} + \frac{(t_B - t_{вкр})(t_B - t_H)}{(t_B - t_{sx=0})(1250 - t_H)} \quad (3.42)$$

где t_B – температура при стандартном температурном режиме, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_B = 345 \lg(0,133\tau + 1) + t_H \quad (3.43)$$

$t_{вкр}$ – критическая температура тяжёлого бетона (приложение б);

τ – время воздействия огня;

t_H – начальная температура конструкции до пожара, $^{\circ}\text{C}$, равная 20°C ;

$t_{sx=0}$ – температура центральных стержней.

3.2.4.13. Определение $\xi_{я,x}$.

Из приложение 14 по $\theta_{яx}$ и F_{OX} находим $\xi_{я,x}$.

3.2.4.14. Определяем размеры ядра бетонного сечения колонны

Размеры ядра бетонного сечения при нагреве – высота $h_{я}$, ширина $b_{я}$
 находим по формуле:

$$b_{я} = h_{я} = 2(0,5h + K\sqrt{a_{red}})(1 - \xi_{я,x}), (\text{мм}), \quad (3.44)$$

где h – длина колонны, мм;

K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, ($\text{с}^{1/2}$) (приложение 2);

a_{red} – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

$\xi_{я,x}$ – относительная высота прогретой зоны бетона.

3.2.4.15. Определяем несущую способность колонны при огневом воздействии
 в течение 1,0 часа $N_{p,t=1}$.

Несущую способность колонны при огневом воздействии в течение 1,0
 часа $N_{p,t,\tau=1}$ определяем по приложение 4

$$N_{p,t,\tau=1} = \varphi_{tem} (R_{bu} \cdot b_{я} \cdot h_{я} + R_{su} \cdot \Sigma A_s \cdot \gamma_{s,tem}), (H), \quad (3.45)$$

переводим значение $N_{p,t,\tau=1}$ в кН;

где φ_{tem} – коэффициент продольного изгиба для нагретых колонн (определяется по отношению l_0/b в приложении 12);

l_0 – высота колонны, мм;

$b_{я}$ – ширина ядра бетонного сечения колонны при нагреве, мм;

$h_{я}$ – высота ядра бетонного сечения колонны при нагреве, мм;

ΣA_s – суммарная площадь сечения арматуры колонны, мм^2 ;

$$\Sigma A_s = n \frac{\pi d^2}{4}, (\text{мм}^2) \quad (3.46)$$

n – количество арматурных стержней в колонне;

d – диаметр арматурного стержня колонны, мм;

R_{bu} – расчетное сопротивление бетона по прочности при сжатии, МПа;

R_{su} – расчетное сопротивление растяжения арматуры, МПа;

Сравниваем расчетное значение несущей способности колонны после огневой нагрузки в течение 1 часа с заданным (нормативным) значением нагрузки N_n .

Далее расчет проводится для значения времени огневой нагрузки в течение 2 часов ($\tau = 120$ мин).

3.2.4.16. Определение несущей способности колонны при времени воздействия огня на колонну $\tau_2=120$ (мин)

Для определения несущей способности колонны при времени воздействия огня на колонну при $\tau_2=120$ мин (7200 сек) находят критерий Фурье по формуле:

$$F_{ox} = F_{oy} = \frac{a_{red} \tau_2}{(0,5b + K \sqrt{a_{red}})^2} \quad (3.47)$$

где τ_2 - время воздействия огня на колонну 7200 сек;

K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, ($c^{1/2}$) (приложение 2);

b – ширина колонны, м;

где h – длина колонны, м.

3.2.4.17. Расчет коэффициента относительно избыточной температуры

Коэффициент относительно избыточной температуры (θ) рассчитывается по осям X и Y (на расстоянии a – по оси Y и на расстоянии c – по оси X):

Из приложения 14 по относительной высоте сжатой зоны бетона ξ находим $\theta_x = \theta_y$.

3.2.4.18. Расчет температуры прогретых стержней

Температура прогретых стержней определяется по формуле:

$$t_{sx} = t_{sy} = 1250 - (1250 - t_n) \theta_x, \quad (^\circ\text{C}), \quad (3.48)$$

По приложение 4 по полученному значению $t_{sy} = t_{sy}$ находим коэффициент снижения прочности арматуры $\gamma_{s \text{ tem}}$:

3.2.4.19. Находим коэффициент снижения прочности арматуры в зависимости от её нагрева в напряжённом состоянии γ_{stem} .

Коэффициент снижения прочности арматуры в зависимости от её нагрева в напряжённом состоянии γ_{stem} находим по приложение 4.

3.2.4.20. Определение коэффициента температуры в середине неограниченной пластины $\theta_{\text{ц}}$

Величину $\theta_{\text{ц}}$ находим из приложения 5 по $F_{\text{ОХ}}/4$, где $F_{\text{ОХ}}$ критерий Фурье.

3.2.4.21. Определение температуры центральных стержней $t_{\text{sx}=0} = t_{\text{sy}=0}$
 $t_{\text{sx}=0} = t_{\text{sy}=0} = 1250 - (1250 - t_{\text{н}}) \theta_{\text{ц}}$, ($^{\circ}\text{C}$), (3.49)

где $\theta_{\text{ц}}$ – коэффициент температуры в середине неограниченной пластины;
 $t_{\text{н}}$ – температура окружающей среды при нормальных условиях, $^{\circ}\text{C}$.

3.2.4.22. Расчет коэффициентов относительно избыточной температуры в центре колонны ($\theta_{\text{яx}}$, $\theta_{\text{яy}}$)

$$\theta_{\text{яx}} = \theta_{\text{яy}} = \frac{1250 - t_{\text{б}}}{1250 - t_{\text{н}}} + \frac{(t_{\text{б}} - t_{\text{вср}})(t_{\text{б}} - t_{\text{н}})}{(t_{\text{б}} - t_{\text{sx}=0})(1250 - t_{\text{н}})} \quad (3.50)$$

Где $t_{\text{б}}$ – температура при стандартном температурном режиме, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_{\text{б}} = 345 \lg(0,133\tau + 1) + t_{\text{н}} \quad (3.51)$$

$t_{\text{вср}}$ – критическая температура тяжёлого бетона (приложение б);

τ – время воздействия огня;

$t_{\text{н}}$ – начальная температура конструкции до пожара, $^{\circ}\text{C}$, равная 20°C ;

$t_{\text{sx}=0}$ – температура центральных стержней.

3.2.4.23. Определение $\xi_{\text{я,x}}$

Из приложения 14 по $\theta_{\text{яx}}$ и $F_{\text{ОХ}}$ находим $\xi_{\text{я,x}}$.

3.2.4.24. Определение размеров ядра бетонного сечения колонны при огневом воздействии в течение 2 часов

Размеры ядра бетонного сечения при нагреве – высота $h_{\text{я}}$, ширина $b_{\text{я}}$ находим по формуле:

$$b_{\text{я}} = h_{\text{я}} = 2(0,5h + K\sqrt{a_{\text{ред}}})(1 - \xi_{\text{я,x}}), (\text{мм}), \quad (3.52)$$

где h – длина колонны, мм;

K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, ($\text{с}^{1/2}$) (приложение 2);

$a_{\text{ред}}$ – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

$\xi_{\text{я,x}}$ – относительная высота прогретой зоны бетона.

3.2.4.25. Определяем несущую способность колонны при огневом воздействии в течение 2,0 часов $N_{\text{пт}=2}$.

Несущую способность колонны при огневом воздействии в течение 2,0 часов $N_{\text{пт}=1}$ определяем по приложению 4:

$$N_{\text{п,t},\tau=1} = \varphi_{\text{tem}} (R_{\text{бу}} b_{\text{я}} h_{\text{я}} + R_{\text{су}} \Sigma A_s \gamma_{\text{s,tem}}) \quad (3.53)$$

переводим значение $N_{\text{п,t},\tau=1}$ в кН;

где φ_{tem} – коэффициент продольного изгиба для нагретых колонн (определяется по отношению l_0/b в приложении 12);

l_0 – высота колонны, мм;

$b_{я}$ – ширина ядра бетонного сечения колонны при нагреве, мм;

$h_{я}$ – высота ядра бетонного сечения колонны при нагреве, мм;

ΣA_s – суммарная площадь сечения арматуры колонны, мм²;

R_{bu} – расчетное сопротивление бетона по прочности при сжатии, МПа;

R_{su} – расчетное сопротивление растяжения арматуры, МПа;

Сравниваем расчетное значение несущей способности колонны после огневой нагрузки в течение 2 часов с заданным (нормативным) значением нагрузки N_n .

По результатам трех расчетов строят график снижения несущей способности колонны в условиях пожара N_p от времени пожара τ и затем по заданному значению N_n по графику находят фактический предел огнестойкости $P_{ф}$. Пример построения графика приведен на рис. 3.13.

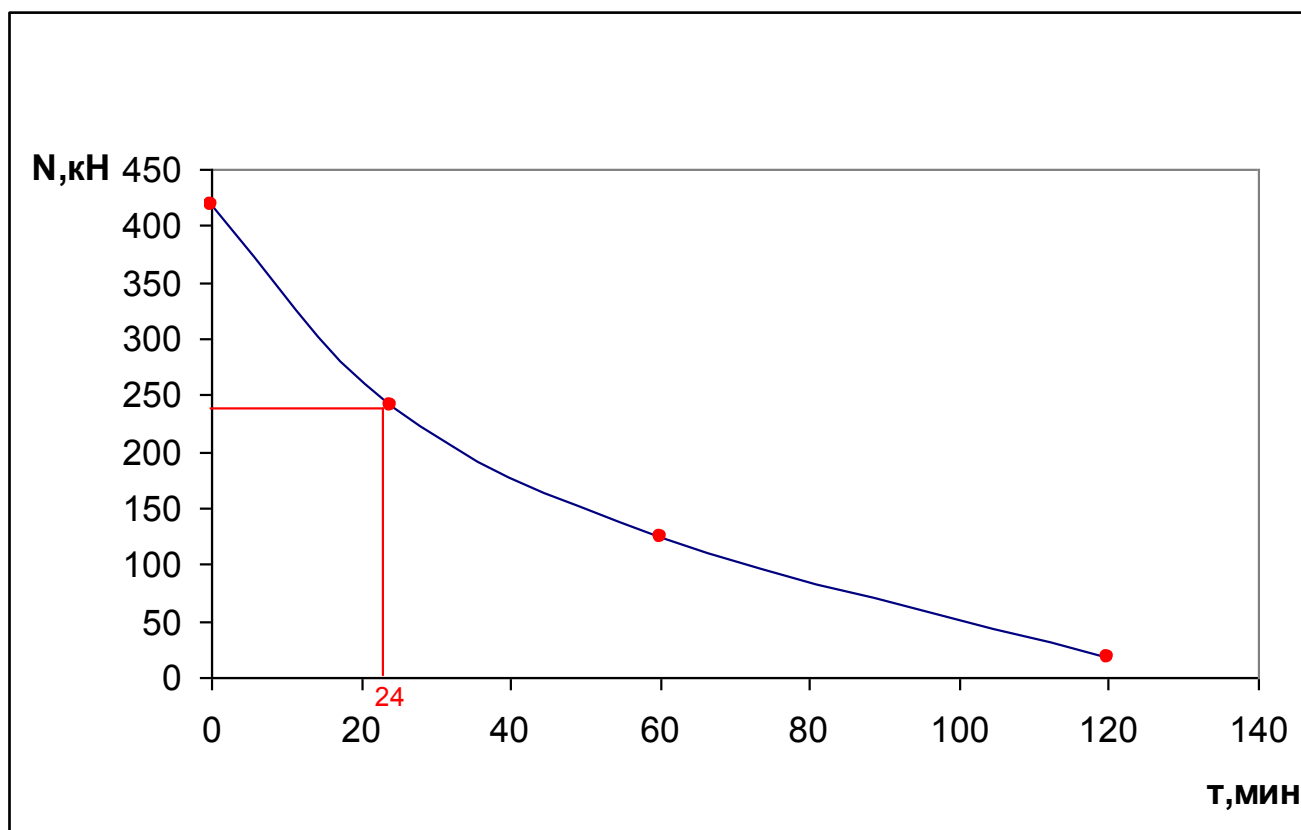


Рис. 3.13. Зависимость несущей способности колонны от времени пожара:

N – несущая способность колонны в условиях пожара; τ – время пожара

Результаты полученных данных по огнестойкости конструкций заносят в табл. 3.7.

Таблица 3.7. Фактические пожарно-технические характеристики строительных конструкций и фактическая огнестойкость здания

№ п/п	Наименование строительной конструкции	В соответствии с пособием		В соответствии с расчетом	Требуемые пожарно-технические характеристики			Уточненная огнестойкость здания	Вывод по соот.
		П _{ф.}	К _{ф.}	ПО _{фр}	ПО _{тр}	К _{тр}			
1.	Железобетонная плита перекрытия								Соответствует / не соответствует
2.	Железобетонный ригель (колонна)								Соответствует / не соответствует

ГЛАВА 4. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ

Дано по условию курсового проекта:

Плита перекрытия многопустотная (ПК 60-15-8)

Вид бетона – тяжелый бетон, вяжущее - портландцемент М 500, заполнители – песок, известняковый щебень. Плотность бетона – 2250 кг/м^3 . Класс бетона В20. Влажность бетона – 2%. Расчетная нагрузка – 6 кН/м. длина плиты – 5.98м, ширина плиты – 1.49 м, толщина плиты – 220 мм, диаметр пустот – 140 мм, толщина защитного слоя бетона – 25 мм, диаметр стержня арматуры – 12 мм, количество стержней арматуры – 5 шт.

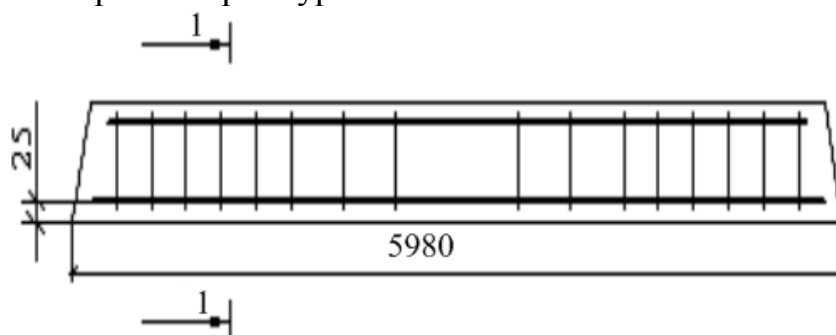


Рис 4.1. Плита перекрытия ПК 60-15-8

разрез 1-1

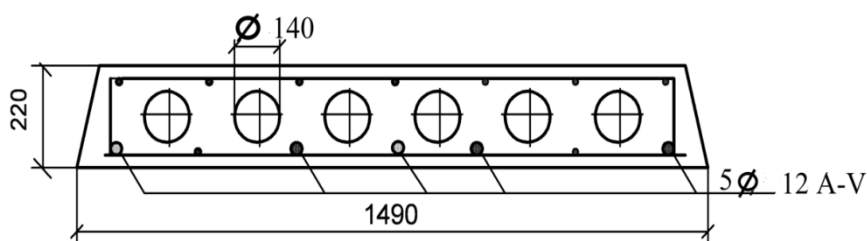


Рис 4.2. Разрез плиты перекрытия ПК 60-15-8 (1-1)

4.1. Определение расчетных параметров плиты

4.1.1. Рассчитаем толщину защитного слоя бетона с учётом толщины стержня арматуры a :

$$a = a_1 + d/2 \text{ (мм);}$$

где: a_1 - толщина защитного слоя бетона;

d – диаметр стержня арматуры, (мм);

$$a = a_1 + d/2 = 25 + 12/2 = 31 \text{ (мм)}$$

4.1.2. Рассчитаем приведенную толщину полки h_f :

$$h_f = \frac{h - d_{\text{пустот}}}{2}, \text{ (мм);}$$

где: h – толщина плиты (мм);
 $d_{\text{пустот}}$ – диаметр пустот плиты (мм).

$$h_f = \frac{220-140}{2} = 40(\text{мм})$$

4.1.3. Рассчитаем толщину плиты, учитываемую при расчете по нагрузкам на изгиб h_0 :

$$h_0 = h - a, (\text{мм});$$

где: h – толщина плиты (мм);
 a – расстояние от края плиты до середины стержня арматуры (мм).

$$h_0 = 220 - 31 = 189(\text{мм});$$

Определим расчетную ширину плиты $\sum b_p$:

$$\sum b_p = b - \sum d_{\text{пустот}}, (\text{мм});$$

где b – ширина плиты (мм);
 $\sum d_{\text{пустот}}$ – сумма диаметров всех пустот плиты;

$$\sum b_p = 1490 - 6 \times (140) = 650(\text{мм});$$

4.2. Расчеты максимального изгибающего момента плиты и расчетные сопротивления бетона и арматуры

4.2.1. Рассчитываем максимальный изгибающий момент M_n :

$$M_n = \frac{q_n \times l_0^2}{8}, (\text{кН} \times \text{м})$$

где q_n – нормативная нагрузка равномерно распределённая, Мпа (отношение $q_{\text{расч}}/q_n = 1$).

l_0 – расчётная длина плиты (м).

$$M_n = \frac{6 \times 5,98^2}{8} = 37,9(\text{кН} \times \text{м})$$

4.2.2. Рассчитываем расчетные сопротивления для бетона в зависимости от его класса R_{bu} :

$$R_{bu} = \frac{R_{bn}}{\gamma_b}, (\text{МПа});$$

где: R_{bn} – нормативная нагрузка по бетону (приложение 10 [3]);
 $\gamma_b = 0,83$ – коэффициент надёжности по бетону (const);

$$R_{bu} = \frac{15}{0,83} = 18,1(\text{МПа});$$

4.2.3. Определяем расчетные сопротивления для арматуры:

$$R_{su} = \frac{R_{su}}{\gamma_s}, (\text{МПа});$$

где: R_n – нормативная нагрузка по арматуре (приложение 11 [3]);
 $\gamma_s = 0,9$ – коэффициент надёжности по арматуре.

$$R_{su} = \frac{788}{0,9} = 876(\text{МПа});$$

4.3. Расчет высоты сжатой зоны бетона в предельном состоянии x_{tem}

Сжатая зона x_{tem} определяется по формуле при условии $x_{tem} \leq h'_f$ по формуле:

$$x_{tem} = h_0 - \sqrt{h_0^2 - 2 \cdot \frac{M_n}{R_{bu} b'_f}}, (мм);$$

где: h_0 – толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам на изгиб;
 M_n – максимальный изгибающий момент;

R_{bu} – расчетные сопротивления в зависимости от класса бетона;

h_f – приведенная толщина полки;

b_f, b'_f – ширина полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

принимается $b_f, b'_f = b$ – ширине плиты.

Если высота сжатой зоны бетона окажется после расчета больше, чем приведенная высота полки, т.е. $x_{tem} > h'_f$, то пересчитываем её по формуле:

$$x_{tem} = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2[M_n - h_f(b'_f - \sum b_p)R_{bu}(h_0 - 0,5h'_f)]}{R_{bu} \sum b_p}}, (мм)$$

где: h_0 – толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам на изгиб;

M_n – максимальный изгибающий момент;

R_{bu} – расчетные сопротивления для бетона в зависимости от его класса;

h_f, h'_f – высота полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

$\sum b_p$ – расчетная ширина плиты;

$b'_f = b$ – ширине плиты.

Предположим, что $x_{tem} \leq h'_f$, тогда:

$$x_{tem} = 189 - \sqrt{189^2 - 2 \cdot \frac{37,9 \times 10^6}{18,1 \times 1490}} = 3,8 (мм)$$

$x_{tem} = 3,8 \text{ мм} < h'_f = 40 \text{ мм}$, следовательно, условие соблюдается, соответственно расчет по первой формуле верен.

4.4. Расчет напряжения в растянутой зоне железобетонной плиты σ_{stem}

Напряжение в растянутой зоне железобетонной плиты σ_{stem} при условии, если $x_{tem} \leq h'_f$ вычисляется по формуле:

$$\sigma_{stem} = \frac{b \cdot x_{tem} \cdot R_{bu}}{A_s}, (МПа);$$

где: b – ширина плиты;

x_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии;

R_{bu} – расчетные сопротивления для бетона в зависимости от его класса;

A_s – суммарное сечение арматуры.

Напряжение в растянутой зоне железобетонной плиты $\sigma_{s\text{ tem}}$ при условии, если $x_{\text{tem}} > h'_f$ вычисляется по формуле:

$$\sigma_{stem} = \frac{R_{bu} [h_f b'_f + (X_{tem} - h'_f) \sum b_p]}{A_s}, (\text{МПа});$$

где $b'_f = b$ – ширине плиты;

h_f, h'_f – высота полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

X_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии;

R_{bu} – расчетные сопротивления в зависимости от класса бетона;

$\sum b_p$ – расчетная ширина плиты;

A_s – суммарное сечение стержней арматуры.

$$A_s = 5 \text{шт} \cdot \pi \cdot r^2 = 5 \text{шт} \cdot 3.14 \cdot 6^2 = 565 (\text{мм}^2);$$

Т.к $x_{\text{tem}} \leq h'_f$, соответственно:

$$\sigma_{stem} = \frac{1490 \cdot 3.8 \cdot 18.1}{565} = 181 (\text{МПа});$$

4.5. Определение коэффициента снижения надежности прочности по арматуре $\gamma_{s\text{ tem}}$ при прогреве

$$\gamma_{s\text{ tem}} = \frac{\sigma_{stem}}{R_{su}},$$

где $\sigma_{s\text{ tem}}$ – напряжения в растянутой зоне железобетонной плиты;

R_{su} – расчетные сопротивления для арматуры.

$$\gamma_{s\text{ tem}} = \frac{181}{876} = 0.2$$

4.6. Расчет критической температуры t_{cr}

по найденному значению $\gamma_{s\text{ tem}}$, методом линейной интерполяции определяем t_{scr} (приложение 4 [3]):

$$(t_{scr}^1 = 600 \text{ } ^\circ\text{C}) - (\gamma_{s\text{ tem}}^1 = 0,23)$$

$$(t_{scr}) - (\gamma_{s\text{ tem}} = 0.2)$$

$$(t_{scr}^2 = 650 \text{ } ^\circ\text{C}) - (\gamma_{s\text{ tem}}^2 = 0,12)$$

$$t_{scr} = \frac{(0,2 - 0,23)(650 - 600)}{0,12 - 0,23} + 600 = 613.6$$

4.7. Определение значения функции ошибок Гаусса

$$erfX = \frac{1250-t_{scr}}{1250-t_H},$$

где t_{scr} – критическая температура арматуры, $^{\circ}\text{C}$;
 t_H – начальная температура, $^{\circ}\text{C}$.

$$erfX = \frac{1250-613.6}{1250-20} = 0,52$$

По приложению 1 [3] найдем: $X=0,5$

4.8. Расчет фактического предела огнестойкости для плиты со сплошным сечением

$$\tau = \left(\frac{K + \frac{a + K_1 d}{\sqrt{a_{red}}}}{2X} \right)^2, (\text{мин});$$

где d – диаметр арматурного стержня, м;

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние массы металла стержня на его прогрев при различных плотностях бетонах (приложение 3);

K – коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона (по приложению 2 [3]);

a – толщина защитного слоя бетона, м;

a_{red} – приведенный коэффициент температуропроводности при температуре 450°C .

Приведенный коэффициент температуропроводности a_{red} определяется по формуле:

$$a_{red} = \frac{\lambda_{tem}}{(C_{tem,m} + 50,4w_B)\rho_{oc}}, (\text{м} / \text{с}^2),$$

где w_B – весовая эксплуатационная влажность бетона, %;

ρ – плотность бетона по заданию, $\text{кг}/\text{м}^3$;

λ_{tem} – средний коэффициент теплопроводности ($\text{Вт}/\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}$);

C_{tem} – средний коэффициент теплоемкости ($\text{кДж}/\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$).

ρ_{oc} – средняя плотность бетона в сухом состоянии, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$\rho_{oc} = \frac{100\rho}{100 + w_g}, (\text{кг} / \text{м}^3);$$

$$\rho_{oc} = \frac{100 \times 2250}{100 + 2} = 2206 (\text{кг} / \text{м}^3)$$

По приложению 2 [3] находим: при $\rho=2250$ ($\text{кг}/\text{м}^3$) $K=0,62$;

По приложению 3 [3] находим: при $\rho_{oc}=2206$ ($\text{кг}/\text{м}^3$) $K_1=0,5$;

λ_{tem} – средний коэффициент теплопроводности при температуре 450 °С;

По приложению 13 [3] находим λ_{tem} и C_{tem} - расчетные средние коэффициенты теплопроводности и теплоемкости бетона при 450 °С

$$\lambda_{tem} = 1.14 + 0.00055 \cdot t, (Вт / м \cdot ^\circ С);$$

$$\lambda_{tem} = 1.14 + 0.00055 \cdot 450 = 1.3875 (Вт / м \cdot ^\circ С);$$

$$C_{tem} = 710 + 0.84 \cdot t, (Дж / кг \cdot ^\circ С);$$

$$C_{tem} = 710 + 0.84 \cdot 450 = 1088 (Дж / кг \cdot ^\circ С);$$

Определяем a_{red} и τ :

$$a_{red} = \frac{1,3875}{(1088 + 50,4 \times 2) \times 2206} = 5,2 \cdot 10^{-7} (м / с^2);$$

$$\tau = \left(\frac{37,2 + \frac{0,025 + 0,5 \times 0,012}{\sqrt{5,2 \times 10^{-7}}}}{2 \times 0,5} \right)^2 = 9320 (сек) = 155 (мин)$$

Полученный результат необходимо умножить на коэффициент 0,9, учитывающий более быстрый прогрев арматуры в многопустотных и ребристых (с ребрами вверх) панелях и настилах. Это значение является фактическим пределом огнестойкости $P_{ф}$.

$$P_{ф} = 155 \cdot 0,9 = 140 (мин).$$

4.9. Построение расчетного таврового сечения по плите перекрытия ПК 60-15-8

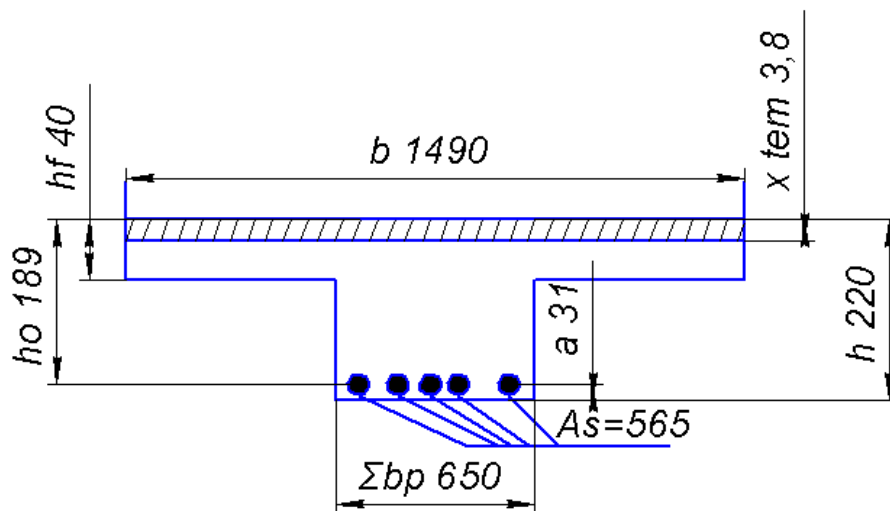


Рис. 4.3. Тавровое сечение изгибаемого элемента если $x_{tem} \leq h'_f$: b – ширина плиты; h – толщина плиты; a – толщина защитного слоя бетона с учётом толщины стержня; h_0 – толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам при изгибе; h_f – приведенная толщина полки; A_s – суммарное сечение арматуры; Σb_p – расчетная ширина плиты; x_{tem} – высота сжатой зоны бетона в предельном состоянии

ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, НЕ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯМ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ НОРМ

По результатам экспертизы строительных конструкций выявляются несущие железобетонные конструкции, у которых фактический предел огнестойкости ниже требуемого. В этом случае для них необходимо разработать инженерно-технические решения, направленные на увеличение огнестойкости строительных конструкций.

Повышение предела огнестойкости железобетонных конструкций может быть достигнуто различными способами, в том числе и конструктивными.

К числу таких способов можно отнести:

- увеличение толщины защитного слоя бетона;
- применение теплоизолирующих покрытий и специальных бетонов;
- применение арматурной стали с более высокой критической температурой;
- обоснованное увеличение в процессе проектирования сечения элементов конструкций;
- изменение статической схемы элемента;
- изменение условий обогрева;
- дополнительное армирование стержнями и сетками.

Курсант (студент) подробно указывает необходимые инженерно-технические решения, логично обосновывая их расчетами, ссылается на нормативные документы.

Для обоснования увеличения защитного слоя бетона при проектировании железобетонной конструкции, может быть использован расчет:

а) Толщина требуемого защитного слоя бетона для плит перекрытия может быть определена по формуле:

$$\delta_{\text{тены}} = (2x\sqrt{\tau} - k)\sqrt{a_{\text{ред}}} \quad (5.1)$$

где τ – время требуемого предела огнестойкости для данной строительной конструкции по ФЗ №123 [5];

X – аргумент функции Гаусса в зависимости от $\text{erf}X$ определяем по приложению 1

$$\text{erf}x = \frac{1250 - t_{\text{bcr}}}{1250 - t_i} \quad (5.2)$$

где $t_{\text{н}}$ – начальная температура;

$t_{\text{b cr}}$ – критическая расчетная температура бетона, принимаемая равной:

- для тяжелого бетона на гранитном щебне – 650 °С,

- для тяжелого бетона на известковом щебне – 750 °С;

K – коэффициент по приложению 2;

$a_{\text{ред}}$ – приведенный коэффициент теплопроводности.

б) Толщина требуемого защитного слоя для балки, обогреваемой с трех сторон:

$$\delta_{\text{тем}_x} = (0,5b + k\sqrt{a_{\text{red}}})\xi_x - k\sqrt{a_{\text{red}}}, \text{ мм}, \quad (5.3)$$

где b – ширина балки;

ξ_x – находят в зависимости от F_{ox} и θ_x .

$$\theta_x = \frac{1250 - t_{\text{br}}}{1250 - t_i} \quad (5.4)$$

$$\delta_{\text{тем}} = (2x\sqrt{\tau} - k)\sqrt{a_{\text{red}}} \quad (5.5)$$

в) Толщина защитного слоя бетона для колонны:

при этом принимаем время воздействия огня τ :

- расчётные значения R_{bu} , R_{su} , ΣA_s , $\varphi_{\text{тем}}$, a_{red} согласно п.4;

- значения b , a , N – согласно заданию.

По формуле F_{ox} найдём критерий Фурье:

$$F_{\text{ox}} = F_{\text{oy}} = \frac{a_{\text{red}}\tau_2}{(0,5b + K\sqrt{a_{\text{red}}})^2} \quad (5.6)$$

Определяем размеры ядра бетонного сечения колонны по главе 3 из формулы:

$$X = (0,5b + K\sqrt{a_{\text{red}}})(1 - \xi), \text{ мм} \quad (5.7)$$

Находим требуемую толщину защитного слоя:

$$a_1 = 0,5b - 0,5d - X, \text{ мм} \quad (5.8)$$

После окончания расчетов в работе обязательно приводится список использованной литературы.

В Приложении 16-19 представлены примеры оформления титульного листа, задания, план-графика и отзыва руководителя на курсовой проект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС: учебное пособие/ Наконечный С.Н., Винокуров М.В. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – 201 с.
2. Пособие к СТО 36554501-006-2006 «Пособие по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций из тяжелого бетона»/под ред. А.Ф. Милованова – М: 2008, 131 с.
3. Строительные материалы и конструкции и их поведение при возникновении ЧС. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие / Наконечный С.Н., Винокуров М.В. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 154 с.
4. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (последняя редакция) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
5. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).
6. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
7. ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность.
8. Пособие по определению огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП II-2-80)/ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1985. – 56 с.
9. СП 329.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила обследования после пожара.
10. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»: Свод правил. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 60 с.
11. Фёдоров В.С., Левитский В.Е., Молчадский И.С., Александров А.В. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций. – М.: АСВ, 2009. – 408 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Значение Гауссового интеграла ошибок

X	erfX	X	erfX	X	erfX	X	erfX
0,00	0,0000	0,50	0,5205	1,00	0,8427	1,50	0,9661
0,02	0,0216	0,52	0,5379	1,02	0,8508	1,52	0,9684
0,04	0,0451	0,54	0,5549	1,04	0,8586	1,54	0,9706
0,06	0,0676	0,56	0,5716	1,06	0,8661	1,56	0,9726
0,08	0,0901	0,58	0,5879	1,08	0,8733	1,58	0,9745
0,10	0,1125	0,60	0,6039	1,10	0,8802	1,60	0,9763
0,12	0,1348	0,62	0,6194	1,12	0,8868	1,62	0,9780
0,14	0,1569	0,64	0,6346	1,14	0,8931	1,64	0,9796
0,16	0,1790	0,66	0,6494	1,16	0,8991	1,66	0,9811
0,18	0,2009	0,68	0,6638	1,18	0,9048	1,68	0,9825
0,20	0,2227	0,70	0,6778	1,20	0,9103	1,70	0,9838
0,22	0,2443	0,72	0,6914	1,22	0,9155	1,72	0,9850
0,24	0,2657	0,74	0,7047	1,24	0,9205	1,74	0,9861
0,26	0,2869	0,76	0,7175	1,26	0,9252	1,76	0,9872
0,28	0,3079	0,78	0,7300	1,28	0,9297	1,78	0,9882
0,30	0,3286	0,80	0,7421	1,30	0,9340	1,80	0,9891
0,32	0,3491	0,82	0,7538	1,32	0,9381	1,90	0,9928
0,34	0,3694	0,84	0,7651	1,34	0,9419	2,00	0,9953
0,36	0,3893	0,86	0,7761	1,36	0,9456	2,10	0,9970
0,38	0,4090	0,88	0,7867	1,38	0,9460	2,20	0,9981
0,40	0,4284	0,90	0,7969	1,40	0,9523	2,30	0,9989
0,42	0,4475	0,92	0,8068	1,42	0,9554	2,40	0,9993
0,44	0,4662	0,94	0,8163	1,44	0,9583	2,50	0,9996
0,46	0,4847	0,96	0,8254	1,46	0,9611	2,60	0,9998
0,48	0,5027	0,98	0,8312	1,48	0,9637	2,70	0,9999

Приложение 2

Значение коэффициента K в зависимости от средней плотности бетона

Средняя плотность бетона ρ , кг/м ³	1000	1500	2000	2300	2450
Коэффициент K , ч ^{1/2}	0,55	0,58	0,6	0,62	0,65
Коэффициент K , с ^{1/2}	33,0	34,8	36,0	37,2	39,0

Приложение 3

Значение коэффициента K_I в зависимости от плотности ρ_{oc} сухого бетона

ρ_{oc} , кг/м ³	500 и менее	800	1100	1400	1700	2000 и более
K_I	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,5

Расчетные значения коэффициента $\gamma_{s, \text{tem}}$, учитывающего снижение расчетного (R_{su}, R_{scu}) сопротивления арматурных сталей в зависимости от температуры их нагрева в напряженном состоянии

№ № пп	Наименование, класс и марка арматурной стали	Коэффициент $\gamma_{s, \text{tem}} = \sigma_{s, \text{tem}} / R_{su}$ при температуре нагрева в $^{\circ}\text{C}$														
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
1	Горячекатанная круглая (гладкая) сталь класса А-I: марки Ст.3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,83	0,66	0,51	0,37	0,24	0,15	0,09	0,05
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,76	0,52	0,36	0,23	0,16	0,1	0,06
2	Горячекатанная периодического профиля сталь класса А-I : марки Ст.5; марки Ст.10ГТ	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	0,66	0,49	0,34	0,21	0,13	0,08	0,04
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,84	0,625	0,41	0,25	0,13	0,07	0,03	0,01
3	Периодического профиля сталь класса А-III: марки Ст.25Г2С; марки Ст.35ГС	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,98	0,79	0,625	0,46	0,30	0,18	0,09	0,05
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,84	0,625	0,47	0,30	0,17	0,08	0,04

Температура в середине неограниченной пластины θ_c

$F_o/4$	θ_c	$F_o/4$	θ_c	$F_o/4$	θ_c
0,001	1,0000	0,047	0,7941	0,093	0,5084
0,002	1,0000	0,048	0,7868	0,094	0,5034
0,003	1,0000	0,049	0,7796	0,095	0,4985
0,004	1,0000	0,050	0,7723	0,096	0,4936
0,005	1,0000	0,051	0,7651	0,097	0,4887
0,007	1,0000	0,053	0,7508	0,099	0,4792
0,008	0,9998	0,054	0,7437	0,100	0,4745
0,009	0,9996	0,055	0,7367	0,102	0,4652
0,010	0,9992	0,056	0,7297	0,104	0,4561
0,011	0,9985	0,057	0,7227	0,106	0,4472
0,012	0,9975	0,058	0,7158	0,108	0,4385
0,013	0,9961	0,059	0,7090	0,110	0,4299
0,014	0,9944	0,060	0,7022	0,112	0,4215
0,015	0,9922	0,061	0,6955	0,114	0,4133
0,016	0,9896	0,062	0,6888	0,116	0,4052
0,017	0,9866	0,063	0,6821	0,118	0,3973
0,018	0,9832	0,064	0,6756	0,120	0,3895
0,019	0,9794	0,065	0,6690	0,122	0,3819
0,020	0,9752	0,066	0,6626	0,124	0,3745
0,021	0,9706	0,067	0,6561	0,126	0,3671
0,022	0,9657	0,068	0,6498	0,128	0,3600
0,023	0,9605	0,069	0,6435	0,130	0,3529
0,024	0,9550	0,070	0,6372	0,132	0,3460
0,025	0,9493	0,071	0,6310	0,134	0,3393
0,026	0,9433	0,072	0,6249	0,136	0,3326
0,027	0,9372	0,073	0,6188	0,138	0,3261
0,028	0,9308	0,074	0,6128	0,140	0,3198
0,029	0,9242	0,075	0,6088	0,142	0,3135
0,030	0,9175	0,076	0,6009	0,144	0,3074
0,031	0,9107	0,077	0,5950	0,146	0,3014
0,032	0,9038	0,078	0,5892	0,148	0,2955
0,033	0,8967	0,079	0,5835	0,150	0,2897
0,034	0,8896	0,080	0,5778	0,152	0,2840
0,035	0,8824	0,081	0,5721	0,154	0,2785
0,036	0,8752	0,082	0,5665	0,156	0,2731
0,037	0,8679	0,083	0,5610	0,158	0,2677
0,038	0,8605	0,084	0,5555	0,160	0,2625
0,039	0,8532	0,085	0,5500	0,162	0,2574
0,040	0,8458	0,086	0,5447	0,164	0,2523
0,041	0,8384	0,087	0,5393	0,166	0,2474
0,042	0,8310	0,088	0,5340	0,168	0,2426
0,043	0,8236	0,089	0,5288	0,170	0,2378
0,044	0,8162	0,090	0,5236	0,172	0,2332
0,045	0,8088	0,091	0,5185	0,174	0,2286
0,046	0,8015	0,092	0,5134	0,176	0,2241

Приложение 6

Критические температуры для различных видов бетона

Бетон	Критическая температура нагрева сжатого бетона $t_{cr}, ^\circ\text{C}$
Тяжелый бетон на гранитном щебне	650
Тяжелый бетон на известняковом щебне	750

Приложение 7

Расчетные значения коэффициента $\gamma_{\beta, \text{tem}}$, учитывающего снижение расчетного (R_b) сопротивления бетона в зависимости от температуры их нагрева

Бетон	Средняя плотность бетона ρ , кг/м ³	Коэффициент условий работы бетона γ_{bt} при температуре бетона, $^\circ\text{C}$								
		20	100	200	300	400	500	600	700	800
Тяжелый бетон с крупным заполнителем из силикатных пород	2350	1,0	0,85	0,95	0,85	0,70	0,55	0,35	0,20	0,05
То же, из карбонатных пород	2350	1,0	0,90	1,00	0,90	0,75	0,60	0,40	0,25	0,06
Легкий бетон с крупным заполнителем из керамзита	1600	1,0	0,95	1,00	0,90	0,75	0,65	0,65	0,55	0,40
Керамзитоперлитобетон	1200	1,0	0,92	0,83	0,74	0,65	0,55	0,47	0,37	0,28

Приложение 8

Толщина сечения бетона, обеспечивающая предел огнестойкости ограждающей конструкции по теплоизолирующей способности, в зависимости от вида бетона

Бетон	Средняя плотность бетона ρ , кг/м ³	Минимальная толщина сплошного бетонного сечения, мм, обеспечивающая по теплоизолирующей способности предел огнестойкости, ч							
		0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Тяжелый бетон с крупным заполнителем из силикатных пород	2350	30	50	60	70	90	105	120	130
Мелкозернистый песчаный бетон	1900								
Тяжелый бетон с заполнителем из карбонатных пород	2350	27	45	55	65	85	100	110	120
Легкий бетон с крупным заполнителем из керамзита	1600	24	36	46	55	65	75	85	95
Керамзитоперлитобетон	1200	24	35	43	50	60	65	70	75
Легкий бетон с мелким и крупным заполнителем из керамзита	750								

Приложение 9

Приведённый коэффициент температуропроводности бетона a_{red}
в зависимости от вида бетона и его влажности

Материалы	Средняя плотность бетона ρ , кг/м ³	Значения параметров A, B, C, D для определения коэффициента теплопроводности, Вт/(м °С) и удельной теплоемкости, кДж/(кг °С)				Эксплуатационная массовая влажность, $W_B, \%$	Приведенный коэффициент температуропроводности, $a_{red}, \text{м}^2/\text{ч}$
		A	B	C	D		
Тяжелый бетон с крупным заполнителем из силикатных пород	2350	1,20	-0,00035	0,71	0,00083	2,5	0,00133
Тяжелый бетон с заполнителем из карбонатных пород	2350	1,14	-0,00055	0,71	0,00083	3,0	0,00116
Легкий бетон с крупным заполнителем из керамзита	1600	0,36	0,00012	0,83	0,00042	5,0	0,00734
Керамзитоперлитобетон	1200	0,18	0,00008	0,92	0,00048	6,0	0,000722
Легкий бетон с мелким и крупным заполнителем из керамзита	750						
Арматурная сталь		65	-0,048	0,44	0,00063	--	--

Нормативные сопротивления бетона R_{bn} в зависимости от вида бетона

Вид	Бетон	Нормативные сопротивления бетона R_{bn} , R_{btm} и расчетные сопротивления бетона для предельных состояний второй группы $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$ при классе бетона по прочности на сжатие																		
		B1	B1,5	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Сжатие осевое (призменная прочность) R_{bn} и $R_{b,ser}$	Тяжелый и мелкозернистый	—	—	—	—	<u>2,7</u> 27,5	<u>3,6</u> 35,7	<u>5,5</u> 56,1	<u>7,5</u> 76,5	<u>9,5</u> 96,9	<u>11,0</u> 112	<u>15,0</u> 153	<u>18,5</u> 189	<u>22,0</u> 224	<u>25,5</u> 260	<u>29,0</u> 296	<u>32,0</u> 326	<u>36,0</u> 367	<u>39,5</u> 403	<u>43,0</u> 438
	Легкий	—	—	—	<u>1,9</u> 19,4	<u>2,7</u> 27,5	<u>3,5</u> 35,7	<u>5,5</u> 56,1	<u>7,5</u> 76,5	<u>9,5</u> 96,9	<u>11,0</u> 112	<u>15,0</u> 153	<u>18,5</u> 189	<u>22,0</u> 224	<u>25,5</u> 260	<u>29,0</u> 296	—	—	—	—
	Ячеистый	<u>0,95</u> 9,69	<u>1,4</u> 14,3	<u>1,9</u> 19,4	<u>2,4</u> 24,5	<u>3,3</u> 33,7	<u>4,6</u> 46,9	<u>6,9</u> 70,4	<u>9,0</u> 91,8	<u>10,5</u> 107	<u>11,5</u> 117	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Растяжение осевое R_{btm} и $R_{bt,ser}$	Тяжелый	—	—	—	—	<u>0,39</u> 4,00	<u>0,55</u> 5,61	<u>0,70</u> 7,14	<u>0,85</u> 8,67	<u>1,00</u> 10,2	<u>1,15</u> 11,7	<u>1,40</u> 14,3	<u>1,60</u> 16,3	<u>1,80</u> 18,4	<u>1,95</u> 19,9	<u>2,10</u> 21,4	<u>2,20</u> 22,4	<u>2,30</u> 23,5	<u>2,40</u> 24,5	<u>2,50</u> 25,5
	Мелкозернистый групп: А	—	—	—	—	<u>0,39</u> 4,00	<u>0,55</u> 5,61	<u>0,70</u> 7,14	<u>0,85</u> 8,67	<u>1,00</u> 10,2	<u>1,15</u> 11,7	<u>1,40</u> 14,3	<u>1,60</u> 16,3	<u>1,80</u> 18,4	<u>1,95</u> 19,9	<u>2,10</u> 21,4	—	—	—	—
	Б	—	—	—	—	<u>0,26</u> 2,65	<u>0,40</u> 4,08	<u>0,60</u> 6,12	<u>0,70</u> 7,14	<u>0,85</u> 8,67	<u>0,95</u> 9,69	<u>1,15</u> 11,7	<u>1,35</u> 13,8	<u>1,50</u> 15,3	—	—	—	—	—	—
	В	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<u>1,15</u> 11,7	<u>1,40</u> 14,3	<u>1,60</u> 16,3	<u>1,80</u> 18,4	<u>1,95</u> 19,9	<u>2,10</u> 21,4	<u>2,20</u> 22,4	<u>2,30</u> 23,5	<u>2,40</u> 24,5	<u>2,50</u> 25,5
	Легкий на мелком заполнителе:	—	—	—	<u>0,29</u> 2,96	<u>0,39</u> 4,00	<u>0,55</u> 5,61	<u>0,70</u> 7,14	<u>0,85</u> 8,67	<u>1,00</u> 10,2	<u>1,15</u> 11,7	<u>1,40</u> 14,3	<u>1,60</u> 16,3	<u>1,80</u> 18,4	<u>1,95</u> 19,9	<u>2,10</u> 21,4	—	—	—	—
	плотном	—	—	—	<u>0,29</u> 2,96	<u>0,39</u> 4,00	<u>0,55</u> 5,61	<u>0,70</u> 7,14	<u>0,85</u> 8,67	<u>1,00</u> 10,2	<u>1,10</u> 11,2	<u>1,20</u> 12,2	<u>1,35</u> 13,8	<u>1,50</u> 15,3	<u>1,65</u> 16,8	<u>1,80</u> 18,4	—	—	—	—

Приложение 11

Нормативные сопротивления растяжения R_{sn} в зависимости от класса арматуры

Стержневая арматура классов	Нормативные сопротивления растяжению R_{sn} и расчетные сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{s,ser}$, МПа (кгс/см ²)
A-I	235 (2400)
A-II	295 (3000)
A-III	390 (4000)
A-IV	590 (6000)
A-V	788 (8000)
A-VI	980 (10 000)
AT-VII	1175 (12 000)
A-IIIв	540 (5500)

Приложение 12

Значение коэффициента продольного изгиба для нагретых колонн φ_{tem}

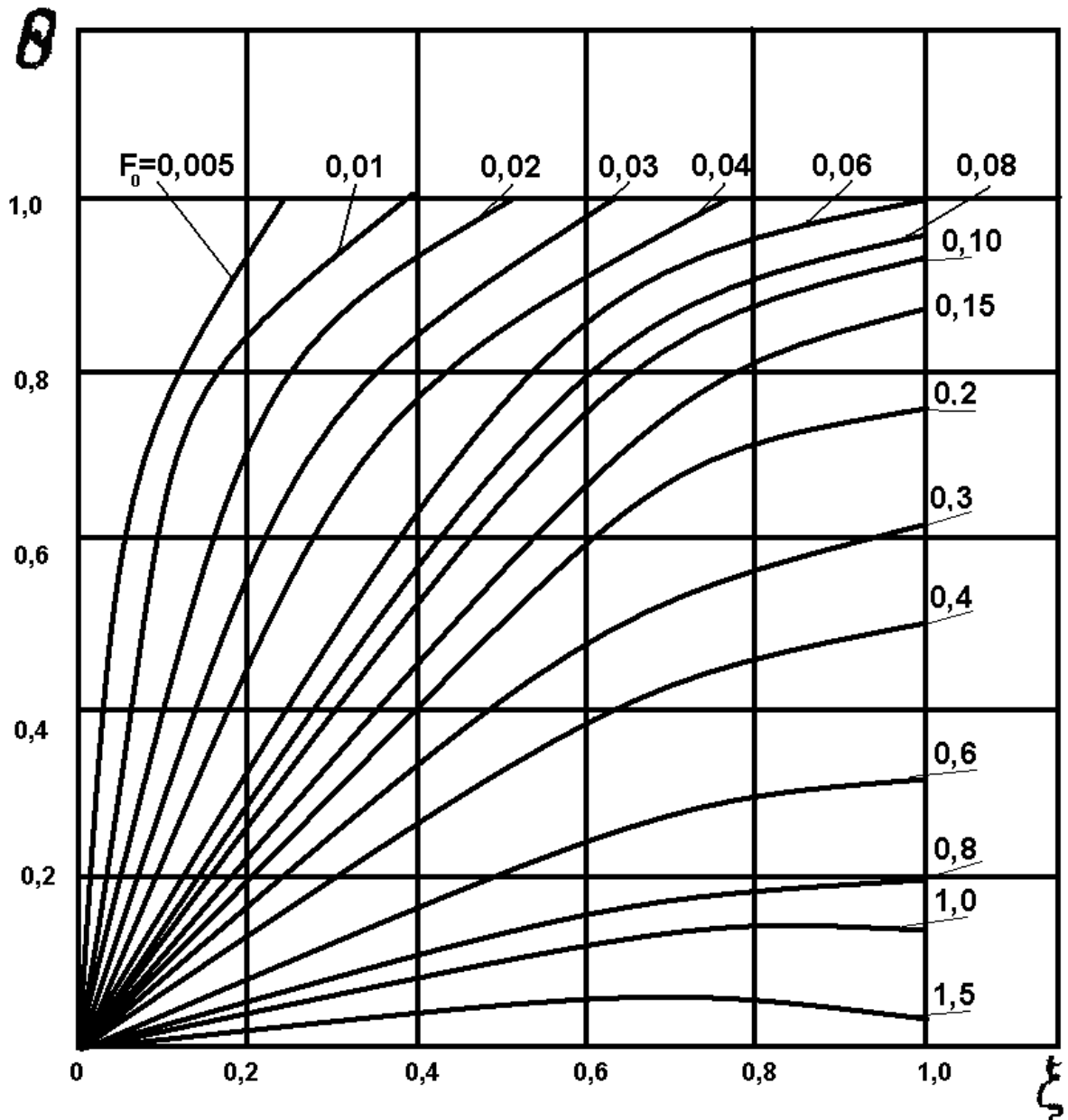
l_0/b	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
φ_{tem}	1,0	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,81	0,77	0,73	0,68	0,64	0,59	0,54	0,49	0,44

Теплофизические характеристики бетонов при высоких температурах

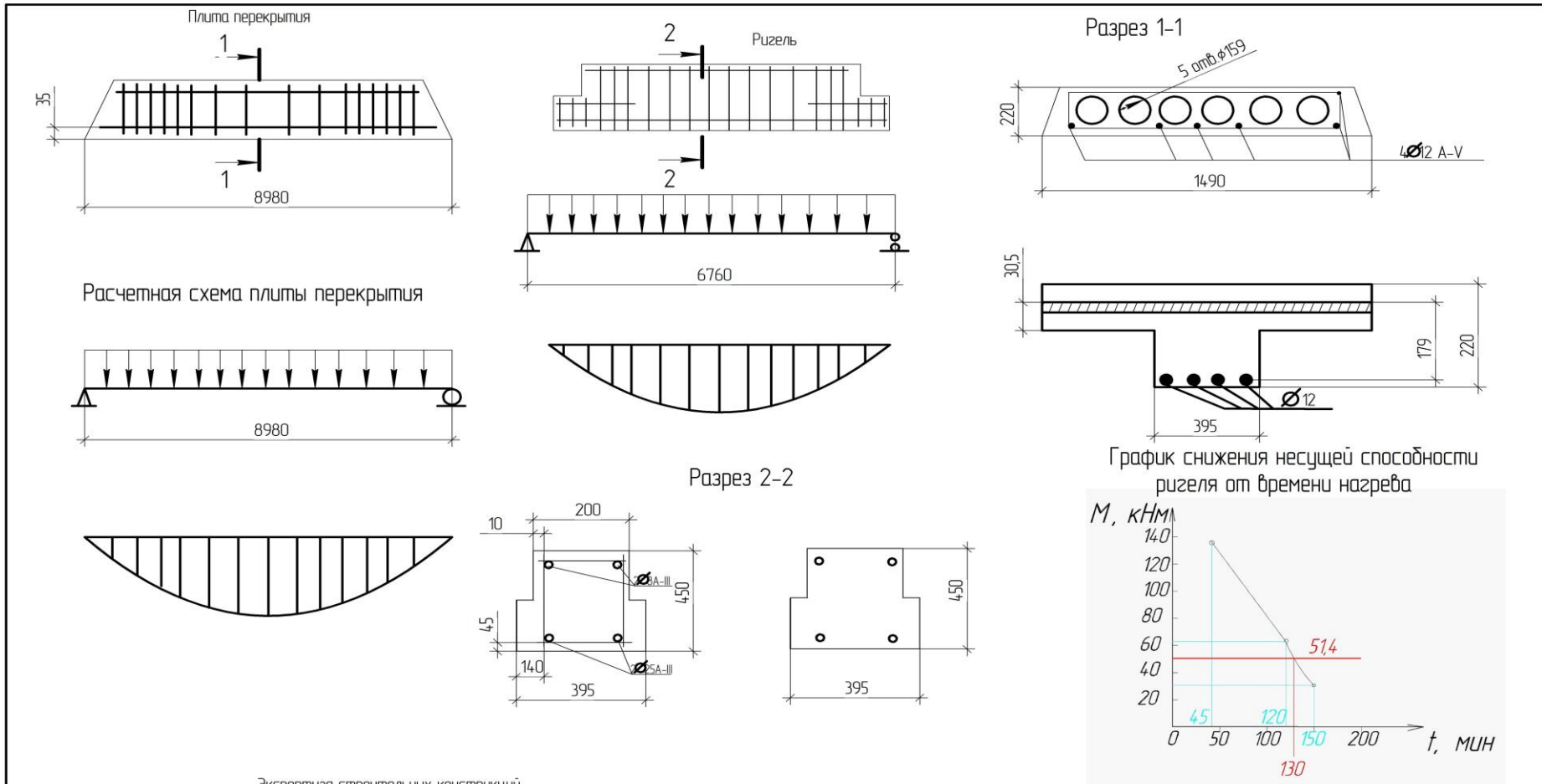
№ п/п	Вид бетона	Средняя плотность в сухом состоянии кг/м ³	Коэффициент теплопроводности*, λ_{tem}	Коэффициент удельной теплоемкости*, C_{tem}
1	Тяжелый бетон на гранитном щебне	2330	1,200+0,00035t	710+0,84t
2	Тяжелый бетон на известняковом щебне	2250	1,140+0,00055t	710+0,84t
3	Керамзитобетон	1380	0,383+0,00008t	841+0,48t
4	Песчаный бетон	1900	1,044+0,00060t	773+0,63t
5	Газобетон на молотом песке	480	0,093+0,00019t	924+0,63t
	Газобетон на молотом песке	750	0,186+0,00008t	924+0,63t
	Газобетон на молотом песке	1100	0,31 (const)	924+0,63t

*Примечание: $\lambda_{tem} = \lambda + Vt$; $C_{tem} = C + Dt$, где V и D – коэффициенты, t – расчетная температура [2].

Кривые распределения относительной избыточной температуры θ в неограниченной пластине



Пример выполнения графической части
курсового проекта



Экспертиза строительных конструкций

№ п/п	Наименование строительных конструкций	Предусмотрен проектом		Рассчитанное значение По		По нормам		Ссылка на НД	Вывод по соответствию
		Пф	Кф	Ппр	Кпр	Пнр	Кнр		
1	Ригель	R 144	К0	R 130	К0	R 15	К0	ФЭ-123, ст. 87, т.21,22	Соответствует
2	Плита перекрытия	REI 127	К0	REI 138	К0	REI 15	К0		Соответствует

Курсовой проект, 25 вариант				Лист	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум	Подп	Дата			
Разраб.						
Проб.						
Т.контр.						
И.контр.						
Утв.						
Плита перекрытия, ригель				Лист 1	Листов 1	
				ИПСА ГПС МЧС России		

**Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий**

**ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия
Государственной противопожарной службы**

Кафедра пожарной безопасности объектов защиты
(в составе УНК «Государственный надзор»)

Курсовой проект

по дисциплине: Строительные материалы и конструкции и их поведение при
возникновении чрезвычайных ситуаций

Тема: Расчет предела огнестойкости железобетонных строительных конструкций
Вариант №10.

Выполнил: Иванова И.И.
факультет подготовки инженерных и
управленческих кадров института без-
опасности жизнедеятельности, 3 курс,
304 учебной группы

Руководитель: старший преподава-
тель кафедры пожарной безопасно-
сти объектов защиты (в составе
УНК «Государственный надзор»)
майор внутренней службы, к.х.н.
Наконечный С.Н.

Дата защиты: " ____ " _____ 2020 г.

Оценка _____

(подпись руководителя)

Иваново 2020

Задание

Тема: «Расчет предела огнестойкости железобетонных строительных конструкций»

Вариант № 12

1. Плита перекрытия: ПК-4.
2. Колонна: К-2.
3. Количество этажей: 4.
4. Ширина здания, пролеты: 1.
5. Количество пролетов: 3.
6. Отношение расчетной нагрузки и нормативной: 0,9.
7. Категория здания: Г.

**ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия
Государственной противопожарной службы**

Кафедра пожарной безопасности объектов защиты
(в составе УНК «Государственный надзор»)

«Утверждаю»

Руководитель

старший преподаватель кафедры
пожарной безопасности объектов защиты
(в составе УНК «Государственный надзор»),
к.х.н., майор внутренней службы

С.Н. Наконечный

«07» марта 2020 г.

**План – график
выполнения курсового проекта
по дисциплине «Строительные материалы и конструкции и их поведение
при возникновении ЧС»**

(Ф.И.О., факультет, курс, № группы)

Тема: Расчет предела огнестойкости железобетонных строительных конструкций

№ п/п	Основные этапы выполнения работы	Срок выполнения	Отметка руководителя о выполнении
1	Выдача заданий на курсовой проект	07.03.2020	
2	Введение	12.03.2020	
3	Теоретические основы поведения железобетонных строительных конструкций при пожаре.	20.03.2020	
4	Характеристика здания и конструкций	25.03.2020	
5	Определение фактических пожарно-технических характеристик здания и строительных конструкций по нормативным справочным документам.	03.04.2020	
6	Определение фактических пределов огнестойкости конструкций с помощью расчетных методов.	13.04.2020	
7	Сравнение огнестойкости здания и строительных конструкций: требуемых и расчётных.	20.04.2020	

8	Мероприятия, направленные на увеличение огнестойкости строительных конструкций.	01.05.2020	
9	Графическая часть курсового проекта	15.05.2020	
10	Выводы по курсовому проекту	20.05.2020	
11	Сдача курсового проекта руководителю на проверку	22.05.2020	
12	Защита курсового проекта обучающимся	01.06.2020	

Подпись обучающегося _____

ОТЗЫВ на курсовой проект

Курсант (студент, слушатель) _____
 (фамилия, имя, отчество)
 Отделение (очное, заочное) курс _____ группа _____
 Тема проекта (работы) _____

Руководитель _____
 (специальное звание, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество)

1. Уровень раскрытия темы проекта (работы):
 - высокий (рассматриваемые вопросы раскрыты полностью, обстоятельно, подробно),
 - хороший (рассматриваемые вопросы раскрыты полностью, без подробных пояснений),
 - достаточный (раскрыта основная суть вопросов).
2. Уровень выполнения расчетной части проекта (работы):
 - расчеты выполнены верно, с подробными пояснениями,
 - расчеты выполнены верно, имеются некоторые недочеты и неточности,
 - основные расчеты выполнены верно, имеются замечания, недочеты, нерационально выбраны расчетные коэффициенты и параметры.
3. Уровень оформления пояснительной записки проекта (работы):
 - пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями,
 - имеются отдельные мелкие недочеты в оформлении пояснительной записки,
 - пояснительная записка, в основном, оформлена верно, однако есть отклонения от требований.
4. Уровень выполнения графической части проекта (работы) (при наличии):
 - чертежи (рисунки) выполнены верно,
 - чертежи (рисунки) содержат незначительные ошибки,
 - основная компоновка и построения чертежа выполнены верно, но имеет место некачественное графическое исполнение и оформление чертежа, соблюдаются требования лишь основных стандартов ЕСКД, допущены непринципиальные инженерные просчеты.
5. Уровень защиты проекта (работы) при собеседовании с обучающимся:
 - исчерпывающе и грамотно изложил материал проекта (работы) и ответил на все вопросы, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов,
 - грамотно и по существу изложил материал проекта (работы), ответил на подавляющее большинство вопросов, не допускает существенных неточностей при ответах,
 - изложил только основной материал проекта (работы), ответил на меньшую часть вопросов, допускает ошибки при ответах.

Дополнительные замечания и рекомендации:

Оценка _____ Руководитель _____
 (подпись)

С отзывом ознакомлен _____
 (подпись)

Дата _____

Учебное издание

**НАКОНЕЧНЫЙ Сергей Николаевич
ВИНОКУРОВ Михаил Владимирович**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ
И ИХ ПОВЕДЕНИЕ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧС.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Текстовое электронное издание

Подготовлено к изданию 13.10.2020 г.
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 9,6. Уч.-изд. л. 8,9. Заказ № 95

Отделение организации научных исследований
научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33