

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина  
ФАКУЛЬТЕТ АРХИТЕКТУРЫ, ДИЗАЙНА И СТРОИТЕЛЬСТВА  
Кафедра «Строительство»

**В.С. Семёнов**

# **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Учебное пособие в четырех частях**

## **Часть II**

**Надежность строительных конструкций.  
Предельные состояния. Нагрузки.  
Материалы**

Бишкек 2022

УДК 624.0(073.32)

ББК 38.5

С 30

**Рецензенты:**

*Ж.Т. Тентиев*, д-р техн. наук, профессор, чл.-корр. НАН КР,

*В.М. Курдюмова*, д-р техн. наук,

профессор КГУСТА им. Н. Исанова,

*В.В. Мануковский*, главный конструктор,

Генеральный директор ОсОО «Гарант Проект», ГИП,

Засл. строитель Кыргызской Республики,

*Токарский А.В.*, инженер-конструктор

**Семёнов В.С.**

С 30 **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ:** учеб. пособие: в 4 ч. Ч. II. Надежность строительных конструкций. Предельные состояния. Нагрузки. Материалы. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2022. – 144 с.

ISBN 978-9967-19-864-7

Учебное пособие содержит сведения, необходимые для приобретения профессиональных компетенций в области проектирования строительных конструкций. Материалы пособия подобраны с учетом требований действующих нормативных документов.

Предназначено для студентов бакалавриата и магистратуры – будущих строителей и архитекторов всех форм обучения.

УДК 624.0(073.32)

ББК 38.5

© ГОУВПО КРСУ, 2022

© Семенов В.С., 2022

ISBN 978-9967-19-864-7

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	7
1. НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.	
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГОСТ 27751-2014.....	12
1.1 Предельные состояния .....	12
1.1.2 Расчет по предельным состояниям первой группы .....	17
1.1.3 Расчет по предельным состояниям второй группы .....	18
2. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ.	
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СП 20.13330.2016.....	20
2.1 Классификация воздействий и нагрузок .....	21
2.2 Сочетания нагрузок .....	25
2.3 Характеристики нагрузок.....	27
2.4 Вес конструкций и грунтов.....	29
2.5 Нагрузки от оборудования, людей, животных, складируемых материалов и изделий, транспортных средств .....	30
2.6 Расчет нагрузок на строительные конструкции. Примеры .....	36
Источники.....	48
3. СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ГРУНТОВ .....	49
3.1 Общие сведения о материалах для несущих строительных конструкций. Характеристики материалов.....	49
3.2 Материалы для стальных конструкций .....	57
3.2.1 Классификация и обозначение сталей.....	57
3.2.2 Расчетные характеристики материалов .....	62
3.2.3 Сортамент металлопроката .....	66
Источники .....	71

3.3 Материалы для деревянных конструкций (СП 64.13330.2017, ГОСТ 33080-2014, ГОСТ 20850-2014) .....	72
3.3.1 Древесина .....	74
3.3.2 Физико-механические характеристики .....	76
3.3.3 Расчетные характеристики .....	82
3.3.4 Конструкции деревянные клееные .....	86
Источники .....	89
3.4. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций .....	89
3.4.1 Бетоны.....	91
3.4.2 Арматура .....	103
Источники .....	113
3.5 Материалы для каменных и армокаменных конструкций .....	113
3.5.1 Кирпич, камни и растворы.....	114
3.5.2 Расчетные характеристики кладки.....	118
Источники .....	124
<b>4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ. УСЛОВИЯ РАБОТЫ МАТЕРИАЛОВ, КОНСТРУКЦИЙ И ОСНОВАНИЙ. УЧЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>125</b>
4.1 Геометрические параметры .....	125
4.2 Учет ответственности сооружений .....	126
<b>5. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТНЫМ МОДЕЛЯМ.....</b>	<b>128</b>
Источники ОПСК часть II.....	130
Приложение 1. ГОСТ 27751-2014. Термины и определения .....	133
Приложение 2. КЛАССИФИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ.....	138
Приложение 3. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ (разрабатывается Заказчиком) (образец).....	140

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Определение расчетных характеристик материалов и действующих нагрузок выполняется при проведении расчетов строительных конструкций любой сложности и поэтому их нахождение является неотъемлемой частью процесса проектирования и формирования у студентов необходимых профессиональных компетенций. К сожалению, в учебной литературе именно этим расчетам обычно уделяется недостаточно внимания.

Обычно с определением необходимых для расчетов характеристиками материалов конструкций и сбором нагрузок студенты знакомятся позже, при изучении специальных дисциплин строительного профиля. Однако опыт преподавания этих дисциплин, особенно для студентов направления «Архитектура», говорит о том, что именно с этого раздела и нужно начинать их изучение.

Первая глава пособия знакомит студентов с положениями ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований». Эти положения являются основополагающими всех (или для всех?) последующих этапов проектирования строительных конструкций.

Во второй главе рассматривается алгоритм сбора нагрузок на разные конструктивные элементы и приводятся примеры их определения (расчета).

Третья глава пособия посвящена определению расчетных характеристик материалов несущих конструкций. Она также сопровождается соответствующими примерами.

Основная задача пособия – дать студентам необходимые для приобретения профессиональных компетенций сведения, являющиеся основой проектирования строительных конструкций.

В результате изучения материалов пособия, студент должен понимать сущность предельных состояний конструкций, работу материалов, уметь находить и применять в расчетах

коэффициенты условий работы, коэффициенты надежности по нагрузкам, коэффициенты надежности по материалу; собирать (вычислять) нагрузки, правильно назначать расчетные характеристики материалов, пользоваться определениями, классификацией, терминологией, содержащихся в действующих нормативных документах и справочной литературе.

Материал пособия предназначен студентам бакалавриата и магистратуры – будущим строителям и архитекторам всех форм обучения.

## ВВЕДЕНИЕ

### О проектировании в целом

Как известно, проектирование (от лат. *projectus*, что означает «брошенный вперед») – это процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта по первичному описанию этого объекта путем его детализации, дополнения, расчетов и оптимизации. Иными словами, проектирование в строительстве – это взаимоувязанный комплекс работ коллектива специалистов (архитекторов, конструкторов, инженеров-расчётчиков, электриков, специалистов по отоплению, вентиляции, водопроводу и канализации, газовиков, слесарей, охранно-пожарной сигнализации, топографов, геодезистов, сметчиков и др.). Результатом коллективной работы является проектная документация, на основании которой генеральными подрядными строительными организациями выполняются строительные-монтажные работы.

В статье 48 Гражданского кодекса РФ указано, что архитектурно-строительное проектирование осуществляется путем подготовки проектной документации, содержащей материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели и определяющей архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства, их частей, капитального ремонта. При этом архитектурно-строительное проектирование осуществляется не только путем подготовки *проектной документации*, как указано в ст. 48 ГК РФ, а также и путем подготовки *Рабочей документации*, поскольку не для всех объектов требуется разработка проектной документации.

В Кыргызской Республике разработка проектной документации регламентируется «Положением о порядке выдачи документов на проектирование, строительство и иные изменения объектов недвижимости и оценки соответствия вводимых в эксплуатацию завершаемых строительством объектов в Кыргызской Республике», утвержденного Постановлением Правительства Кыргызской Республики от 17 января 2020 года № 12.

## **СТАДИИ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

В соответствии с действующим законодательством, архитектурно-строительный проект выполняется либо в два, либо в три этапа (раздела):

- архитектурный проект (предпроектная подготовка разделов на стадии “Эскизный Проект (ЭП)” или “Объемно-планировочное решение (ОПР)”);
- проектная документация (Проект);
- рабочая документация.

1. **АРХИТЕКТУРНЫЙ ПРОЕКТ** – часть документации для строительства и градостроительной деятельности, содержащая архитектурные решения, которые комплексно учитывают социальные, экономические, функциональные, инженерные, технические, противопожарные, санитарно-эпидемиологические, экологические, архитектурно-художественные и иные требования к объекту в объеме, необходимом для получения разрешительных документов на разработку следующих стадий: проекта или рабочей документации.

Архитектурный проект оформляется либо в виде эскизного проекта (ЭП), либо в виде объемно-планировочного решения (ОПР).

2. **ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ** представляет собой комплект документов, содержащих материалы в текстовой форме, в виде карт (схем) и определяющих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции

объектов капитального строительства, их частей, а также капитального ремонта.

Проектная документация является утверждаемой частью проекта в экспертизе, но основанием для выполнения СМР не является.

**3. РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ** – совокупность основных комплектов рабочих чертежей, необходимых для строительства здания или сооружения, дополненных прилагаемыми и ссылочными документами. Основной комплект рабочих чертежей – графический документ, содержащий необходимую и достаточную информацию в виде чертежей и схем, предназначенный для производства строительных и монтажных работ определенного вида (марки).

Рабочая документация разрабатывается на основании утвержденных материалов на стадии «Эскиз» или «Проект», на которые уполномоченный орган выдает разрешительные документы в виде АПУ (архитектурно-планировочные условия) и ИТУ (инженерно-технические условия) в которых указаны схемы подключения наружных инженерных коммуникаций.

Проектирование осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами, составляющими техническую и юридическую основу проектных работ и обеспечивающими необходимую надёжность и экономичность строительных объектов. Утверждённая в Госэкспертизе рабочая документация является основанием для выполнения СМР.

Состав и правила оформления рабочей документации архитектурных и конструктивных решений зданий и сооружений различного назначения, а также рабочей документации на строительные изделия установлены ГОСТ 21.501-2018.

### **Алгоритм проектирования СК**

Как известно, все строительные конструкции по своему функциональному назначению подразделяются на:

- несущие;
- ограждающие;

- совмещающие несущие и ограждающие функции;
- декоративные.

Алгоритм проектирования несущих конструктивных элементов зданий и сооружений, независимо от материала, из которого они проектируются, включает ряд следующих, последовательных и взаимосвязанных между собой этапов:

➤ Анализ конструктивной схемы элемента (формы и размеров сечения, его габаритных размеров, а также положения в системе других конструктивных элементов здания и способов его соединения с ними). Анализ проводится по чертежам архитектурного раздела проекта.

➤ Формирование расчетной (условной, идеализированной, теоретической) схемы, на которой должны быть представлены: а – геометрические параметры (длина, пролет, высота для стержневых элементов); б – схема закрепления его концов (шарнирно-подвижно, шарнирно-неподвижно, жестко, свободно); в – состав, величина и схема приложения нагрузок. Определение нагрузок, действующих на элемент, может быть выделено в отдельный этап расчета (см. часть I пособия).

➤ Определение (по законам строительной механики) внутренних усилий: изгибающих моментов –  $M$ , поперечных –  $Q$  и продольных –  $N$  сил, возникающих в рассчитываемом элементе от действия нагрузок.

➤ Подбор сечений (конструктивный расчет). Обычно такой расчет проводят из условия обеспечения несущей способности с последующим конструированием (выбор формы и размеров сечения в соответствии с сортаментом, конструктивными требованиями или опытом проектирования). Однако возможно и начальное конструирование с последующей проверкой несущей способности. Этот этап предусматривает важную процедуру выбора физико-механических характеристик материалов проектируемого элемента (см. часть II).

➤ Расчет и конструирование узлов соединения (закрепления) элементов, которые должны соответствовать принятой расчетной схеме.



Рисунок 1 – Алгоритм проектирования  
строительных конструкций

➤ Выполнение рабочих чертежей, по которым производится изготовление и монтаж конструкций.

В общем виде алгоритм проектирования строительных конструкций показан на рисунке 1.

Состав и правила оформления рабочей документации конструктивных решений металлических строительных конструкций установлены в ГОСТ 21.502, деревянных конструкций – в ГОСТ 21.504.

Таким образом, проектирование конструктивных элементов включает два взаимосвязанных процесса: расчет и конструирование.

# 1. НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГОСТ 27751-2014

## 1.1 Предельные состояния

В соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 27751-2014, СП 16.13330.2017, СП 64.13330.2017, СП 63.13330.2018 и др.), основным методом расчета строительных конструкций является метод расчета по «предельным состояниям». Этот метод обеспечивает надежность и долговечность строительных объектов, конструкций и оснований. Под надежностью подразумевается способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации. А долговечность – способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его *нормальную эксплуатацию* в течение расчетного срока службы.

Другими важными понятиями этого метода являются: «предельное состояние»; «нормальная эксплуатация»; «расчетный срок службы»; «нагрузки»; «воздействия»; «конструктивная система»; «несущая способность»; «конструктивная схема»; «расчетная модель»; «коэффициенты надежности». Для того, чтобы лучше понять суть этого метода, надо обязательно познакомиться с определениями этих терминов.

В общем случае *предельным состоянием* строительного объекта называется такое состояние, при превышении характерных параметров которого эксплуатация строительного объекта недопустима, затруднена или нецелесообразна.

**Нормальная эксплуатация.** Эксплуатация строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая

соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию.

**Расчетный срок службы.** Установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием. Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции.

**Нагрузки.** Внешние механические силы (вес конструкций, людей, оборудования, отложения снега и др.), действующие на строительные объекты.

**Воздействия.** Изменение температуры, влияние на строительный объект окружающей среды, действие ветра, осадка оснований, смещение опор, деградация свойств материалов во времени и другие эффекты, вызывающие изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций.

**Конструктивная система.** Совокупность взаимосвязанных строительных конструкций и основания.

**Расчетная схема (модель).** Модель конструктивной системы, используемая при проведении расчетов.

**Коэффициенты надежности.** Коэффициенты, учитывающие возможные неблагоприятные отклонения значений нагрузок, характеристик материалов и расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации, а также уровень ответственности строительных объектов.

ГОСТ 27751-2014 вводит 4 типа коэффициентов надежности:

- 1) коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$ ;
- 2) коэффициенты надежности по материалу  $\gamma_m$ ;
- 3) коэффициенты условий работы  $\gamma_c$ ;
- 4) коэффициенты надежности по ответственности сооружений  $\gamma_n$ .

**Переменные параметры.** Используемые при расчете строительных объектов физические величины (воздействия, характеристики материалов и грунтов), значения которых изменяются

в течение расчетного срока эксплуатации или имеют случайную природу. Значения физико-механических характеристик материалов, устанавливаемые в нормативных документах или технических условиях и контролируемые при их изготовлении, при строительстве и эксплуатации строительного объекта.

Другие термины, касающиеся расчетов строительных конструкций и оснований, можно найти в первой части пособия «Основы проектирования строительных конструкций» и в действующих сводах правил (см. список источников).

В соответствии с двумя возможными ситуациями, которые могут вызвать потерю эксплуатационных качеств конструкций, установлены *две группы* их расчетных предельных состояний.

**Первая группа** предельных состояний – состояния строительных объектов, превышение которых ведет к потере несущей способности строительных конструкций и возникновению аварийной расчетной ситуации.

**Вторая группа** предельных состояний – состояния, при превышении которых нарушается нормальная эксплуатация строительных конструкций, исчерпывается ресурс их долговечности или нарушаются условия комфортности;

Особые предельные состояния – состояния, возникающие при особых воздействиях и ситуациях, и превышение которых приводит к разрушению сооружений с катастрофическими последствиями, выделены в отдельную группу.

К **первой группе** предельных состояний относятся:

- разрушение любого характера (например, пластическое, хрупкое, усталостное);
- потеря устойчивости отдельных конструктивных элементов или сооружения в целом;
- условия, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерные деформации в результате деградации свойств материала, пластичности, сдвига в соединениях, а также чрезмерное раскрытие трещин).

К **второй группе** предельных состояний относятся:

- достижение предельных деформаций конструкций (например, предельных прогибов, углов поворота) или предельных деформаций оснований, устанавливаемых исходя из технологических, конструктивных или эстетико-психологических требований;
- достижение предельных уровней колебаний конструкций или оснований, нарушающих нормальную работу оборудования или вызывающих вредные для здоровья людей физиологические воздействия;
- образование трещин, не нарушающих нормальную эксплуатацию строительного объекта;
- достижение предельной ширины раскрытия трещин;
- другие явления, при которых возникает необходимость ограничения во времени эксплуатации сооружения из-за нарушения работы оборудования, неприемлемого снижения эксплуатационных качеств или расчетного срока службы сооружения (например, коррозионные повреждения).

Перечень предельных состояний и соответствующих критериев, которые учитываются при проектировании строительного объекта, устанавливают в нормах проектирования и (или) в задании на проектирование.

Предельные состояния могут быть отнесены как к конструкции в целом, так и к отдельным элементам и их соединениям.

*Для каждого предельного состояния установлены соответствующие* расчетные значения нагрузок и воздействий, характеристик материалов и грунтов, а также геометрические параметры конструкций сооружений (с учетом их возможных наиболее неблагоприятных отклонений), коэффициенты надежности, предельные значения усилий, напряжений, прогибов, перемещений и осадки фундаментов.

*Для каждого учитываемого предельного состояния устанавливаются* расчетные модели сооружения, его конструктивных элементов и оснований, описывающие их поведение при наиболее неблагоприятных условиях их возведения и эксплуатации.

Допущения, принятые при выборе расчетных моделей, должны быть учтены при расчете строительных объектов по предельным состояниям.

### **Расчет по предельным состояниям**

Расчет строительных объектов по предельным состояниям проводится с учетом:

- их расчетного срока службы;
- прочностных и деформационных характеристик материалов, устанавливаемых в нормативных документах или задании на проектирование, а для грунтов – по результатам инженерно-геологических изысканий;
- наиболее неблагоприятных вариантов распределения нагрузок, воздействий и их сочетаний, которые могут возникнуть при возведении и эксплуатации сооружений;
- неблагоприятных последствий, в случае достижения строительным объектом предельных состояний;
- деградации свойств материалов;
- условий изготовления конструкций, возведения сооружений и особенностей их эксплуатации.

Предельные значения прогибов и перемещений несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений устанавливаются независимо от применяемых материалов.

Расчет конструкций, для которых нормы проектирования не содержат указаний по определению усилий и напряжений с учетом неупругих деформаций, допускается проводить в предположении их упругой работы; при этом сечения конструктивных элементов допускается рассчитывать с учетом неупругих деформаций.

Расчет конструкций и оснований сооружений повышенного уровня ответственности (класса КС-3, см. Приложение) проводится на основе результатов специальных теоретических, апробированных численных и экспериментальных исследований, проводимых на моделях или натуральных конструкциях.

По *первой группе* предельных состояний рассчитывают конструкции всех видов, а по *второй группе* – только те конструкции, повреждения или деформации которых могут привести к потере эксплуатационных качеств до того, как будет исчерпана несущая способность.

Расчет конструкций по второй группе предельных состояний должен обеспечить не только ограничение их деформаций, но и ограничить ширину раскрытия трещин или исключить появление трещин вообще.

### 1.1.2 Расчет по предельным состояниям первой группы

Расчет по первой группе предельных состояний (по несущей способности) выполняется с целью не допустить хрупкого, вязкого или усталостного разрушения, потери местной или общей устойчивости формы; перехода в изменяемую систему.

Гарантия безопасной работы конструкции записывается в виде главного неравенства метода предельных состояний:

$$F \{ (q_n \times \gamma_f) \times \psi \times \gamma_n \} \leq \Phi \{ A; (R_n / \gamma_m) \times \gamma_c \}, \quad (1.1)$$

где  $F$  – усилие (M, Q, N) в сечении конструкции от действия нагрузки;

$q_n$  – нормативное значение внешней нагрузки, действующей на конструкцию;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению, учитывающий уровень ответственности здания;

$\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке, учитывающий изменчивость нагрузки;

$\psi_c$  – коэффициент сочетания нагрузок, учитывающий маловероятность одновременного действия максимальных значений различных нагрузок;

$\Phi$  – несущая способность сечения конструкции;

$A$  – геометрические характеристики конструкции, соответствующие виду усилия, например, момент сопротивления при изгибе, площадь сечения при осевом растяжении и сжатии и т. д.

$R_n$  – нормативное сопротивление материала;

$\gamma_m$  – коэффициент надежности по материалу, учитывающий изменчивость свойств материала;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы конструкции, учитывающий условия среды, воздействий, не отраженные непосредственно в расчетной модели.

### 1.1.3 Расчет по предельным состояниям второй группы

Расчет по второй группе предельных состояний (по эксплуатационной пригодности) выполняется с целью не допустить развитие прогибов, осадок, углов поворота, а в железобетонных конструкциях также образование и развитие трещин выше допустимых значений, что будет препятствовать нормальной эксплуатации здания или сооружения, снижать ресурс его долговечности или нарушать условия комфортности.

При расчете по второй группе предельных состояний формулировка критерия может быть различной в зависимости от требований эксплуатации конструкции.

Для изгибаемых конструкций обычно проверяется прогиб:

$$f\{EJ; q_n \times \psi \times \gamma_n\} \leq f_u, \quad (1.2)$$

где,  $f$  – прогиб от нормативных нагрузок (при коэффициенте надежности по нагрузке, равном единице);

$f_u$  – предельно допустимое значение прогиба конструкций, устанавливаемое нормами в зависимости от назначения конструкций (от англ. *ultimate* – предельный);

$EJ$  – изгибная жесткость сечения.

Для железобетонных конструкций, кроме того, проверяется ширина раскрытия трещин  $a_{crc}$  (от англ. *crack* – трещина), которая не должна превышать предельно допустимой величины  $a_{crc, ult}$ :

$$a_{crc} \leq a_{crc, ult} \cdot \quad (1.3)$$

При проектировании строительных конструкций необходимо обеспечить ненаступление предельных состояний обеих групп с заданным уровнем надежности. Этот уровень зависит от важности (ответственности) сооружений.

Для учета ответственности зданий и сооружений расчетные значения нагрузок умножают на коэффициент надежности по ответственности (назначению) сооружения

## 2. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СП 20.13330.2016

Прежде, чем перейти к изучению этого раздела, необходимо ознакомиться с терминами и определениями, которые используются в нормативных документах при расчете нагрузок:

- *воздействия*. Нагрузки, изменения температуры, влияния на строительный объект окружающей среды, действие ветра, осадка оснований, смещение опор, деградация свойств материалов во времени и другие эффекты, вызывающие изменения напряженно-деформированного состояния строительных конструкций. При проведении расчетов воздействия допускается задавать, как эквивалентные нагрузки;
- *коэффициент надежности по нагрузке*. Коэффициент, учитывающий в условиях нормальной эксплуатации сооружений возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от нормативных значений;
- *коэффициент сочетаний нагрузок*. Коэффициент, учитывающий уменьшения вероятности одновременного достижения несколькими нагрузками их расчетных значений;
- *нагрузки*. Внешние механические силы (вес конструкций, оборудования, вес снегового покрова, людей и т. п.), действующие на строительные объекты;
- *нагрузки длительные*. Нагрузки, изменения расчетных значений которых в течение расчетного срока службы строительного объекта пренебрежимо мало по сравнению с их средними значениями;
- *нагрузки кратковременные*. Нагрузки, длительность действия расчетных значений которых существенно меньше срока службы сооружения;
- *нормативное (базовое) значение нагрузок*. Основная базовая характеристика, устанавливаемая соответствующими

нормами проектирования, техническими условиями или заданием на проектирование;

- *особые нагрузки*. Нагрузки и воздействия (например, взрыв, столкновение с транспортными средствами, авария оборудования, пожар, землетрясение, некоторые климатические нагрузки, отказ работы несущего элемента конструкций), создающие аварийные ситуации с возможными катастрофическими последствиями;
- *расчетное значение нагрузки*. Предельное (максимальное или минимальное) значение нагрузки в течение срока эксплуатации объекта;
- *расчетные сочетания нагрузок*. Все возможные неблагоприятные комбинации нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании объекта.

## 2.1 Классификация воздействий и нагрузок

В зависимости от расчетной ситуации нагрузка считается:

а) *сосредоточенной* (кН) – нагрузка, прилагаемая к весьма малой площадке (точечная нагрузка), например, опирание балки на стену, колонну (площадь контакта невелика) (рисунок 2.1, а);

б) *распределенной по длине* (линейной, кН/м) – нагрузка, прилагаемая на единицу длины (на метр), например, опирание плиты на балку или стену (рисунок 2.1, б);

в) *распределенной по площади* (кН/м<sup>2</sup>), например, опирание фундамента на грунт (рисунок 2.1, в) или вес снегового покрова.

В зависимости от характера воздействия нагрузка считается статической или динамической. Динамическая – это нагрузка, характеризующаяся быстрым изменением во времени её значения, направления или точки приложения. Динамическая нагрузка вызывает в элементах конструкции значительные силы инерции. Статическая – это нагрузка, величина, направление и точка приложения которой изменяются во времени незначительно.

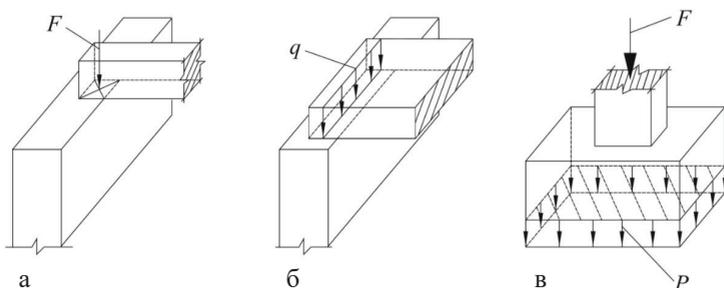


Рисунок 2.1 – Виды нагрузок по расчетной ситуации

В зависимости от продолжительности действия различают: постоянные  $Pd$  и временные (длительные  $Pl$ , кратковременные  $Pt$ , особые  $Ps$ ) нагрузки.

Нагрузки, возникающие при изготовлении, хранении и перевозке конструкций, а также при возведении сооружений, учитываются в расчетах как кратковременные.

К постоянным  $Pd$  нагрузкам относятся:

- а) вес частей сооружений, в том числе несущих и ограждающих строительных конструкций;
- б) вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление;
- в) гидростатическое давление.

Сохраняющиеся в конструкции или основании усилия от предварительного напряжения следует учитывать в расчетах как усилия от постоянных нагрузок.

К длительным  $Pl$  нагрузкам относятся:

- а) вес временных перегородок, подливок и подбетонок под оборудование;
- б) вес стационарного оборудования: станков, аппаратов, моторов, емкостей, трубопроводов с арматурой, опорными частями и изоляцией, ленточных конвейеров, постоянных подъемных машин с их канатами и направляющими, а также вес жидкостей и твердых тел, заполняющих оборудование;

в) давление газов, жидкостей и сыпучих тел в емкостях и трубопроводах, избыточное давление и разрежение воздуха, возникающее при вентиляции шахт;

г) нагрузки на перекрытия от складываемых материалов и стеллажного оборудования в складских помещениях, холодильниках, зернохранилищах, книгохранилищах, архивах и подобных помещениях;

д) температурные технологические воздействия от стационарного оборудования;

е) вес слоя воды на плоских водонаполненных покрытиях;

ж) вес отложений производственной пыли, если не предусмотрены соответствующие мероприятия по ее удалению;

и) пониженные нагрузки от оборудования, людей, животных и транспортных средств на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий, от мостовых и подвесных кранов, снеговых, температурных, климатических воздействий;

к) воздействия, обусловленные деформациями основания, не сопровождающимися коренным изменением структуры грунта, а также оттаиванием вечномерзлых грунтов;

л) воздействия, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов.

К *кратковременным нагрузкам P<sub>l</sub>* относятся:

а) нагрузки от оборудования, возникающие в переходном и испытательном режимах, а также при его перестановке или замене;

б) вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования;

в) нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий с полными нормативными значениями;

г) нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования (погрузчиков, электрокаров, кранов-штабелеров, тельферов, а также от мостовых и подвесных кранов с полным нормативным значением), включая вес транспортируемых грузов;

д) нагрузки от транспортных средств;



Рисунок 2.2 – Нагрузки и воздействия. Классификация

е) климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные).

К особым  $P_s$  нагрузкам относятся сейсмические и аварийные воздействия.

К аварийным воздействиям относятся:

а) взрывные;

б) нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования;

в) воздействия, обусловленные деформациями основания, сопровождающимися коренным изменением структуры грунта (например, при замачивании просадочных грунтов) или оседанием его в районах горных выработок и в карстовых;

г) нагрузки, обусловленные пожаром;

д) нагрузки от столкновений транспортных средств с частями сооружения;

е) климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные) нагрузки, действие которых может привести к аварийной расчетной ситуации.

Классификация воздействий и нагрузок приведена на рисунке 2.2.

## 2.2 Сочетания нагрузок

В соответствии с действующими нормативными документами (см. раздел 1), расчет конструкций и оснований по предельным состояниям 1-й и 2-й групп выполняется с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий.

Эти сочетания устанавливаются из анализа реальных вариантов одновременного действия различных нагрузок для рассматриваемой стадии работы конструкции или основания.

В зависимости от учитываемого состава нагрузок различают (рисунок 2.3):

а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных.

$$C_m = P_d + (\psi_{11}P_{11} + \psi_{12}P_{12} + \psi_{13}P_{13} + \dots) + (\psi_{21}P_{21} + \psi_{22}P_{22} + \psi_{23}P_{23} + \dots); \quad (2.1)$$

б) особые сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок.

$$C_s = C_m + P_s, \quad (2.2)$$

где  $C_m$  – нагрузка для основного сочетания;

$P_s$  – нагрузка для особого сочетания;

$\psi_{li}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) – коэффициенты сочетаний для длительных нагрузок;

$\psi_{ti}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) – коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок.

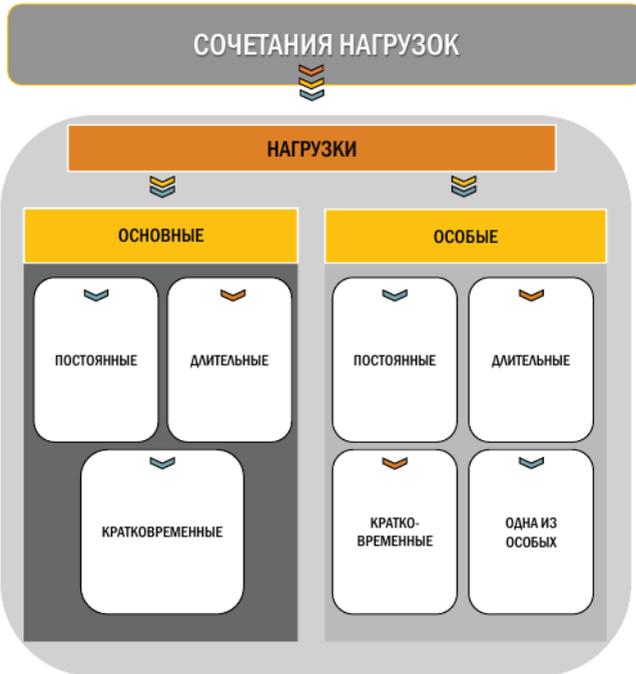


Рисунок 2.3 – Сочетания нагрузок

Для основных и особых сочетаний нагрузок, за исключением случаев, оговоренных в нормах проектирования сооружений в сейсмических районах и в нормах проектирования конструкций и оснований, коэффициент сочетаний длительных нагрузок  $\psi_{li}$  определяется следующим образом:

$$\psi_{l1} = 1,0; \psi_{l2} = \psi_{l3} = \dots = 0,95, \quad (2.3)$$

где  $\psi_{l1}$  – коэффициент сочетаний, соответствующий основной по степени влияния длительной нагрузке;

$\psi_{l2}, \psi_{l3}$  – коэффициенты сочетаний для остальных длительных нагрузок.

Для основных сочетаний используются следующие значения коэффициентов сочетаний кратковременных нагрузок:

$$\psi_{t1} = 1, 0; \psi_{t2} = 0, 9; \psi_{t3} = \psi_{t4} = \dots = 0, 7, \quad (2.4)$$

где  $\psi_{t1}$  – коэффициент сочетаний, соответствующий основной по степени влияния кратковременной нагрузке;

$\psi_{t2}$  – коэффициент сочетаний, соответствующий второй кратковременной нагрузке;

$\psi_{t3}, \psi_{t4}$  – коэффициенты сочетаний для остальных кратковременных нагрузок.

Для особых сочетаний нагрузок коэффициенты сочетаний для всех кратковременных нагрузок принимаются равными 0,8, за исключением случаев, оговоренных в нормах проектирования сооружений в сейсмических районах и в нормах проектирования конструкций и оснований.

При этом коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для всех кратковременных нагрузок принимается равным 0,5.

При учете сочетаний нагрузок в соответствии с 6.3–6.5 СП 20.13330.2016, за одну временную нагрузку принимают:

а) нагрузку одного вида от одного источника (давление или разрежение в емкости, снеговую, ветровую, гололедную нагрузки, температурные климатические воздействия, нагрузку от одного погрузчика, электрокара, мостового или подвесного крана);

б) нагрузку от нескольких источников, принимаемые со своими расчетными значениями, если они действуют совместно (нагрузки от оборудования, людей и складироваемых материалов на одно или несколько перекрытий с учетом коэффициентов  $\varphi 1$ – $\varphi 4$ , приведенных в 8.2.4 и 8.2.5 СП 20.13330.2016; нагрузки от нескольких мостовых или подвесных кранов с учетом коэффициента  $\psi_r$ , приведенного в 9.18 СП 20.13330.2016; гололедно-ветровую нагрузку, определяемую в соответствии с 12.3 СП 20.13330.2016.

### 2.3 Характеристики нагрузок

Основными характеристиками нагрузок, установленных в действующих нормах, являются их *нормативные (базовые) значения*.

*Расчетное значение нагрузки* определяется как произведение её нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$ , соответствующий рассматриваемому предельному состоянию.

$$q = q_n \times \gamma_f, \quad (2.5)$$

где – коэффициент надежности по нагрузке (обычно  $\gamma_f > 1$ ) учитывает возможные неблагоприятные отклонения нагрузки от нормативного значения (как правило в сторону увеличения).

Минимальные значения коэффициента надежности  $\gamma_f$  определяются:

а) при расчете по предельным состояниям 1-й группы – в соответствии с 7.2–7.4, 8.1.4, 8.2.2, 8.3.4, 8.4.5, 9.8, 10.12, 11, 12.5 и 13.8 СП 20.13330.2016;

б) при расчете по предельным состояниям 2-й группы – принимаются равными единице, если в нормах проектирования конструкций и оснований не установлены другие значения.

Расчетные значения особых нагрузок устанавливаются в соответствующих нормативных документах или в задании на проектирование.

В особых сочетаниях (см. 6.2 СП 20.13330.2016 и пункт 2.3 пособия) коэффициент надежности по нагрузке для постоянных, длительных и кратковременных нагрузок принимается равным единице, за исключением случаев, оговоренных в других нормативных документах.

Расчетные значения климатических нагрузок и воздействий (снеговые и гололедные нагрузки, воздействия ветра, температуры и др.) допускается назначать в установленном порядке на основе анализа соответствующих климатических данных для места строительства.

При расчете конструкций и оснований для условий возведения зданий и сооружений расчетные значения снеговых, ветровых, гололедных нагрузок и температурных климатических воздействий разрешается снижать на 20 %.

Дополнительные требования по назначению нормативных и расчетных значений нагрузок, а также коэффициентов надежности по нагрузкам и коэффициентов сочетаний допускается устанавливать в нормативных документах на отдельные виды сооружений, строительных конструкций и оснований.

Для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, а также во всех случаях, не указанных в настоящем своде правил, дополнительные требования к нагрузкам и воздействиям на строительные конструкции и основания необходимо устанавливать в нормативных документах на отдельные виды сооружений, строительных конструкций и оснований, а также в заданиях на проектирование с учетом рекомендаций, разработанных в рамках научно-технического сопровождения проектирования.

## 2.4 Вес конструкций и грунтов

Нормативное значение веса конструкций заводского изготовления определяется на основании стандартов, рабочих чертежей или паспортных данных заводов-изготовителей; для других строительных конструкций и грунтов – по проектным размерам и удельному весу материалов и грунтов с учетом их влажности в условиях возведения и эксплуатации сооружений.

Коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для веса строительных конструкций и грунтов приведены в таблице 2.1 (таблица 7.1 СП 20.13330.2016).

При проверке конструкций на устойчивость положения против опрокидывания, а также в других случаях, когда уменьшение веса конструкций и грунтов может ухудшить условия работы конструкций, необходимо произвести расчет, принимая для веса конструкции или ее части коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f = 0,9$ , если иное значение не указано в нормах проектирования этих конструкций.

В этом случае учитывается также случай пониженных значений кратковременных нагрузок.

Таблица 2.1 – Коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для веса строительных конструкций и грунтов

Конструкции сооружений и вид грунтов	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$
Конструкции	
Металлические, за исключением случаев, указанных в 7.3 СП	1,05
Бетонные (со средней плотностью свыше 1600 кг/м <sup>3</sup> ), железобетонные, каменные, армокаменные, деревянные	1,1
Бетонные (со средней плотностью 1600 кг/м <sup>3</sup> и менее), изоляционные, выравнивающие и отделочные слои (плиты, материалы в рулонах, засыпки, стяжки и т. п.), выполняемые:	
в заводских условиях	1,2
на строительной площадке	1,3
Грунты	
В природном залегании	1,1
На строительной площадке	1,15
Примечание. При определении нагрузок от грунта следует учитывать нагрузки от складированных материалов, оборудования и транспортных средств, передаваемые на грунт	

## **2.5 Нагрузки от оборудования, людей, животных, складированных материалов и изделий, транспортных средств**

Варианты загрузки перекрытий этими нагрузками принимают в соответствии с предусмотренными условиями возведения и эксплуатации зданий в наиболее неблагоприятном расчетном положении.

Если на стадии проектирования данные об этих условиях недостаточны, при расчете конструкций и оснований необходимо рассмотреть следующие варианты загрузки отдельных перекрытий:

- сплошное загрузжение принятой нагрузкой;
- неблагоприятное частичное загрузжение при расчете конструкций и оснований, чувствительных к такой схеме загрузжения;
- отсутствие временной нагрузки.

Нагрузки от оборудования (в том числе трубопроводов, транспортных средств), складированных материалов и изделий устанавливаются в задании на проектирование на основании технологических решений, в котором должны быть приведены:

а) возможные на каждом перекрытии и полах на грунте места расположения и габариты опор оборудования, размеры участков складирования и хранения материалов и изделий, места возможного перемещения оборудования в процессе эксплуатации или перепланировки;

б) нормативные значения нагрузок и коэффициенты надежности по нагрузке, принимаемые в соответствии с указаниями настоящих норм, для машин с динамическими нагрузками – нормативные значения инерционных сил и коэффициенты надежности по нагрузке для инерционных сил, а также другие необходимые характеристики.

Фактические нагрузки на перекрытия допускается заменять эквивалентными равномерно распределенными нагрузками, значения которых должны обеспечивать несущую способность и жесткость элементов конструкций и их узлов, требуемые по условиям их загрузжения фактическими нагрузками.

Нормативное значение веса оборудования, в том числе трубопроводов, следует определять на основании стандартов, а для нестандартного оборудования – на основании паспортных данных заводов-изготовителей или рабочих чертежей.

Динамическое воздействие вертикальных нагрузок от грузчиков и электрокаров учитываются путем умножения нормативных значений статических нагрузок на коэффициент динамичности, равный 1,2.

При задании нормативных значений нагрузок в складских помещениях необходимо учитывать эквивалентную равномерно распределенную нагрузку на перекрытия, покрытия и полы на грунтах,

а также вертикальную и, при необходимости, горизонтальную сосредоточенные нагрузки, прикладываемые для учета возможного неблагоприятного влияния местных нагрузок и воздействий.

Эти нагрузки следует определять по заданию на проектирование на основании технологических решений, с учетом удельного веса складываемых материалов и изделий, возможного их размещения по площади помещений и максимальных значений высоты складирования и принимать не менее нормативных значений, приведенных в таблице 2.2.

Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для веса оборудования и материалов приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.2 – Нормативные значения нагрузок

Здания и помещения	Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок $P_r$ , кПа	Нормативные значения сосредоточенных нагрузок $Q_r$ , кН
Торговые склады	Не менее 5,0	Не менее 6,0
Производственные и промышленные складские помещения	По заданию на проектирование, но не менее, кПа: 3 – для плит и второстепенных балок; 2 – для ригелей, колонн и фундаментов	По заданию на проектирование, но не менее 3,0

Таблица 2.3 – Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для веса оборудования и материалов

Оборудование и материалы	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$
Стационарное оборудование	1,05
Изоляция стационарного оборудования	1,2
Заполнители оборудования (в том числе резервуаров и трубопроводов):	
жидкости	1,0
суспензии, шламы, сыпучие тела	1,1
Погрузчики и электрокары (с грузом)	1,2
Складываемые материалы и изделия	1,2

## Равномерно распределенные нагрузки

Нормативные значения равномерно распределенных кратковременных нагрузок на плиты перекрытий, лестницы и полы на грунтах приведены в таблице 2.4.

Нормативные значения нагрузок на ригели и плиты перекрытий от веса временных перегородок следует принимать в зависимости от их конструкции, расположения и характера опирания на перекрытия и стены. Указанные нагрузки допускается учитывать, как равномерно распределенные добавочные нагрузки, принимая их нормативные значения на основании расчета для предполагаемых схем размещения перегородок, но не менее 0,5 кПа.

Коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для равномерно распределенных нагрузок:

1,3 – при полном нормативном значении менее 2,0 кПа;

1,2 – при полном нормативном значении 2,0 кПа и более.

Коэффициент надежности по нагрузке от веса временных перегородок следует принимать в соответствии с 7.2. СП 20.13330.2016.

Пониженные нормативные значения равномерно распределенных кратковременных нагрузок, указанных в позициях 1–4, 6, 7, 9, а, б, 10, 12–14 таблицы 2.4, определяются умножением их нормативных значений на коэффициент 0,35. Для нагрузок, указанных в позициях 5, 8, 9, в и 11, пониженные значения устанавливаются равными их нормативным значениям.

При расчете балок, ригелей, плит, стен, колонн и фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного перекрытия, нормативные значения нагрузок, указанные в таблице 2.4, допускается снижать в зависимости от грузовой площади  $A$ , м<sup>2</sup>, с которой передаются нагрузки на рассчитываемый элемент, умножением на коэффициент  $\varphi_1$  или  $\varphi_2$ , равный:

а) для помещений, указанных в позициях 1, 2, 12, а (при  $A > A_1 = 9$  м<sup>2</sup>),

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{A / A_1}}; \quad (2.6)$$

Таблица 2.4 – Нормативные значения  
равномерно распределенных нагрузок

№ п/п	Помещения зданий и сооружений	Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок $P_p$ , кПа, не менее
1	Квартиры жилых зданий; спальня помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев; террасы	1,5
2	Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; офисы, классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений	2,0
3	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т. п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75 м; подвальные помещения	2,0
4	Залы:	
	а) читальные	2,0
	б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых и т. п.)	3,0
	в) собраний и совещаний, ожидания, зрительные и концертные, спортивные, фитнес-центры, бильярдные	4,0
	г) торговые, выставочные и экспозиционные	4,0
5	Книгохранилища; архивы	5,0
6	Сцены зрелищных предприятий	5,0
7	Трибуны:	
	а) с закрепленными сиденьями	4,0
	б) для стоящих зрителей	5,0

8	Чердачные помещения	0,7
9	Покрытия на участках:	
	а) с возможным скоплением людей (выходящих из производственных помещений, залов, аудиторий и т. п.)	4,0
	б) используемых для отдыха	1,5
	в) прочих	0,7
10	Балконы (лоджии) с учетом нагрузки:	
	а) полосовой равномерной на участке шириной 0,8 м вдоль ограждения балкона (лоджии)	4,0
	б) сплошной равномерной на площади балкона (лоджии), воздействие которой не благоприятнее, чем определяемое по 10, а	2,0
11	Участки обслуживания и ремонта оборудования в производственных помещениях	1,5
12	Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях:	
	а) 1, 2 и 3	3,0
	б) 4, 5, 6 и 11	4,0
	в) 7	5,0
13	Перроны вокзалов	4,0
14	Помещения для скота:	
	а) мелкого	2,0
	б) крупного	5,0
<p>Примечания.</p> <p>1. Нагрузки, указанные в поз. 8, следует учитывать на площади, не занятой оборудованием и материалами.</p> <p>2. Нагрузки, указанные в поз. 9, не следует учитывать одновременно со снеговой нагрузкой.</p> <p>3. Нагрузки, указанные в поз. 10, следует учитывать при расчете несущих конструкции балконов (лоджий) и участков стен в местах заземления этих конструкций. При расчете нижележащих участков стен, фундаментов и оснований нагрузки на балконы (лоджии) следует принимать равными нагрузкам примыкающих основных помещений зданий и снижать их с учетом 8.2.4 и 8.2.5.</p> <p>4. Нормативные значения нагрузок для зданий и помещений, указанных в позициях 3, 4, 5, 6, 11 и 14, следует принимать по заданию на проектирование на основании технологических решений.</p>		

б) для помещений, указанных в позициях 4, 11, 12, б (при  $A > A_2 = 36 \text{ м}^2$ )

$$\varphi_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{A / A_2}}; \quad (2.7)$$

При определении усилий для расчета колонн, стен и фундаментов, воспринимающих нагрузки от двух перекрытий и более, полные нормативные значения нагрузок, указанные в позициях 1, 2, 4, 11, 12, а и 12, б таблицы 8.3 СП 20.13330.2016, можно снизить умножением на коэффициенты сочетания  $\varphi_3$  или  $\varphi_4$ :

а) для помещений, указанных в позициях 1, 2, 12, а

$$\varphi_3 = 0,4 + \frac{\varphi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}; \quad (2.8)$$

б) для помещений, указанных в позициях 4, 11, 12, б

$$\varphi_4 = 0,5 + \frac{\varphi_2 - 0,5}{\sqrt{n}}; \quad (2.9)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  – определяются в соответствии с 8.2.4 СП ;

$n$  – общее число перекрытий, нагрузки от которых учитываются при расчете рассматриваемого сечения колонны, стены, фундамента.

## 2.6 Расчет нагрузок на строительные конструкции.

### Примеры

Требуется рассчитать нагрузки на несущие конструкции здания общежития студентов и аспирантов (рисунки 2.4–2.7).

Исходные данные.

Район строительства – г. Бишкек.

Конструктивная система – стальной каркас с ядром жесткости.

Покрытие – плоское, неэксплуатируемое, совмещенное (бесчердачное). Кровля мягкая по сталежелезобетонной плите, опирающейся на стальную балочную клетку (см. рисунок 2.6).

Перекрытие – сталежелезобетонная плита по стальной балочной клетке (см. рисунок 2.7).

Полы (для примера) – керамическая плитка по цементной стяжке

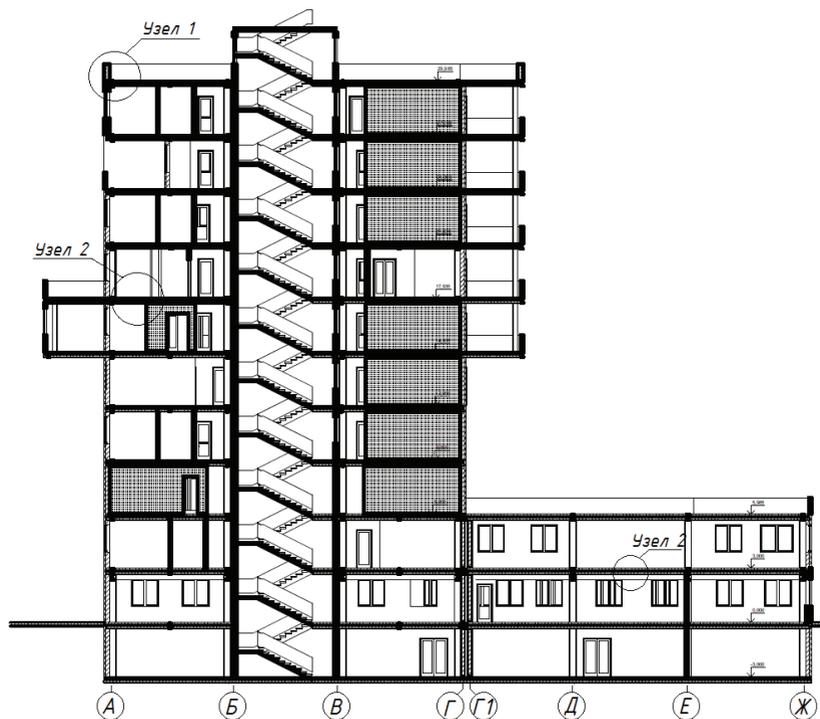


Рисунок 2.4 – Общежитие. Разрез

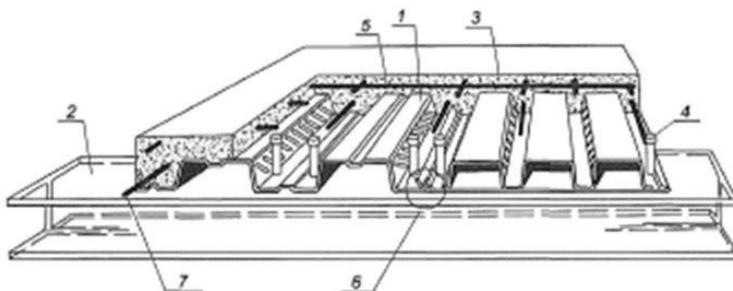
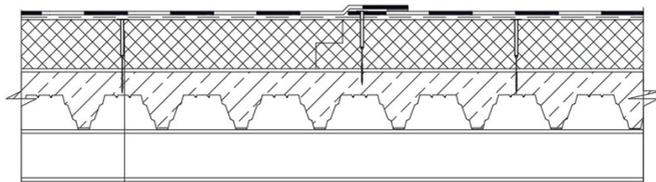


Рисунок 2.5 – Несущая конструкция покрытия:

- 1 – стальной профилированный настил с рифлеными стенками гофров;
- 2 – элемент балочной клетки; 3 – монолитный бетон плиты;
- 4 – стержневой анкер; 5 – сетка противоусадочного армирования;
- 6 – соединение гофрированных профилей между собой;
- 7 – рабочая арматура



<i>Гидроизоляция из ПВХ-мембраны</i>	<i>4 мм</i>
<i>Разделительный слой из нетканого иглопробивного геотекстиля</i>	<i>2,5 мм</i>
<i>Теплоизоляционные плиты из экструдированного пенополистирола</i>	<i>80 мм</i>
<i>Подкровельная пленка</i>	
<i>Сталежелезобетонная плита</i>	<i>120 мм</i>
<i>Балочная клетка</i>	

Рисунок 2.6 – Узел 1. Несущая и ограждающая (кровля) конструкция покрытия



Рисунок 2.7 – Узел 2. Конструктивное решение перекрытия

## А. Расчет нагрузок на балки покрытия

### А1. Коэффициенты надежности по нагрузке.

Для вычисления расчетных значений нагрузок необходимо определить их коэффициенты надежности. Для этого воспользуемся таблицей 7.1 “СП 20.13330.2016”.

Коэффициент надежности по снеговой нагрузке, согласно п. 10.12 “СП 20.13330.2016”,  $\gamma_f = 1,4$ .

### А2. Постоянная нагрузка (нормативные значения)

1) Гидроизоляция из ПВХ-мембраны:

Производитель: ТЕХНОНИКОЛЬ (Россия)

Модель: ТЕХНОЭЛАСТ ЭПП

Толщина: 4 мм

Вес: 4,95 кг/м<sup>2</sup>

Нагрузка: кг/м<sup>2</sup>: 4,95

Конструкции сооружений и вид грунтов	Коэффициент надежности по нагрузке
Конструкции:	
металлические	1,05
бетонные (со средней плотностью свыше 1600 кг/м <sup>3</sup> ), железобетонные,	1,1
каменные, армокаменные, деревянные	
бетонные (со средней плотностью 1600 кг/м <sup>3</sup> и менее), изоляционные.	
выравнивающие и отделочные слои (плиты, материалы в рулонах, засыпки, стяжки и т. п.), выполняемые:	
в заводских условиях	1,2
на строительной площадке	1,3
Грунты:	
в природном залегании	1,1
насыпные	1,15
Примечания. 1. При проверке конструкций на устойчивость положения против опрокидывания, а также в других случаях, когда уменьшение веса конструкций и грунтов может ухудшить условия работы конструкций, следует произвести расчет, принимая для веса конструкции или ее части коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 0,9$ .	
2. При определении нагрузок от грунта следует учитывать нагрузки от складированных материалов, оборудования и транспортных средств, передаваемых на грунт.	
3. Для металлических конструкций, в которых усилия от собственного веса превышают 50 % общих усилий, следует принимать $\gamma_f = 1,1$	

2) Разделительный слой из нетканого иглопробивного геотекстиля:

Производитель: ТЕХНОНИКОЛЬ (Россия)

Модель: Геотекстиль, иглопробивной термообработанный

Толщина: 2,5 мм

Вес: 0,3 кг/м<sup>2</sup>

Нагрузка: г/м<sup>2</sup>: 300 г/м<sup>2</sup> 0,3 кг/м<sup>2</sup>

$$\text{Плотность: } \rho = \frac{0,3 \text{ кг/м}^2}{0,0025 \text{ м}} = 120 \text{ кг/м}^3 ;$$

3) Теплоизоляционные плиты из экструдированного пенополистирола:

Производитель: ТЕХНОНИКОЛЬ (Россия)

Модель: Экструдированный пенополистирол XPS  
TECHNOPLEX

Толщина: 80 мм

Плотность:  $\rho = 23 \text{ кг/м}^3$

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2: 23 \times 0,8 = 18,4 \text{ кг/м}^2;$

4) Подкровельная пленка:

Производитель: ТЕХНОНИКОЛЬ (Россия)

Модель: Гидробарьерная пленка (прозрачная)

Толщина: 1 мм

Вес:  $90 \text{ г/м}^2$

Нагрузка:  $\text{г/м}^2: 90 \text{ г/м}^2 = 0,09 \text{ кг/м}^2 / 90 \text{ г/м}^2 = 0,09 \text{ кг/м}^2;$

5) Сталежелезобетонное перекрытие:

Толщина: 120 мм

Плотность:  $\rho = 2500 \text{ кН/м}^3$

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2: 2500 \times 0,12 = 300 \text{ кг/м}^2;$

6) Вес стального прогона определяется после подбора сечения с учётом нагрузок.

#### *А.3 Временная нагрузка*

В Кыргызской Республике при определении нормативных значений временных (климатических) нагрузок пользуются данными “СНиП 2.01.07-85\*” Нагрузки и воздействия. В частности, картой 4, б Приложения [2, 7].

Полное расчетное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяем по формуле

$$S = S_g \cdot \mu \cdot \gamma_f \quad (2.10)$$

где  $1 \text{ м}^2$  – расчетное значение веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с п. 5.2 СНиП;

$\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с п. п. 5.3–5.6 СНиП.

$\mu = 1$  для плоских покрытий.

Для II района (по карте 4, б) вес снегового покрова.

$$S_g = 70 \text{ кг/м}^2.$$

Снеговые районы СССР (принимаются по карте 1 обязательного приложения 5)	$S_0$ , кПа(кгс/м <sup>2</sup> )
I	0,5(50)
II	0,7(70)
III	1,0(100)
IV	1,5(150)
V	2,0(200)
VI	2,5(250)

Коэффициент надежности по нагрузке принимается в соответствии с пунктом 5.7 [СНиП]:  $\gamma_f = 1,4$ .

Тогда расчетное значение снеговой нагрузки на покрытие с учетом коэффициента надежности

$$S = S_g \mu \gamma_f = 70 \times 1 \times 1,4 = 98 \text{ кг/м}^2.$$

А.4 Полное расчетное значение нагрузки на перекрытие (без учета собственного веса элементов балочной клетки)

№ п/п	Наименование	Подсчет	Нормативное значение, кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	Расчетное значение, кг/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>					
1	Гидроизоляция из ПВХ-мембраны $\rho = 1237,5 \text{ кг/м}^3$ , $t = 4 \text{ мм}$	$1237,5 * 0,004 = 4,95$	4,95	1,2	5,94
2	Разделительный слой из нетканого иглопробивного геотекстиля $\rho = 120 \text{ кг/м}^3$ , $t = 2,5 \text{ мм}$	$120 * 0,0025 = 0,3$	0,3	1,2	0,36
3	Теплоизоляционные плиты из экструдированного пенополистирола $\rho = 23 \text{ кг/м}^3$ , $t = 80 \text{ мм}$	$23 * 0,08 = 1,84$	18,4	1,2	22,08
4	Подкровельная пленка	-	0,09	1,2	0,108
5	Сталежелезобетонное перекрытие $\rho = 2500 \text{ кН/м}^3$ , $t = 120 \text{ мм}$	$2500 * 0,12 = 300$	300	1,1	330
	Итого:		323,74		<b>358,488</b>
<b>Временная нагрузка</b>					
	Снеговая		70	1,4	98
	Итого полная расчетная:		393,74		<b>456,488</b>

## **Б. Рассчитать нагрузку на перекрытие этажа**

Конструктивное решение сталежелезобетонного перекрытия и пола показано на рисунке 2.7.

*Б.1 Постоянные нагрузки (нормативные значения):*

1) Керамическая плитка:

Характеристики можно узнать у производителя.

В нашем случае это ORROMOSAIC (Россия).

Модель: Плитки с глазированным покрытием

Толщина: 8 мм

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2$ :  $2050 \times 0,008 = 16,4 \text{ кг/м}^2$

Плотность:  $\rho = 2050 \text{ кг/м}^3$ .

2) Обмазочная гидроизоляция на цементной основе:

Модель: Гидроизоляция цементная обмазочная Weber Tec 930

Толщина: защита при высокой влажности (слой 2 мм)

Плотность:  $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$  (плотность раствора)

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2$ :  $1600 \times 0,002 = 3,2 \text{ кг/м}^2$ .

3) Армированная цементно-песчаная стяжка:

Характеристики обычно можно узнать у компании.

Толщина: 50 мм

Плотность раствора М150 (средняя):  $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$

Плотность проволоки ВР-1 Ø3 мм:  $\rho = 0,052 \text{ кг/м}^3$  (ГОСТ 6727-80)

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2$ :  $(1800 + 0,052) \times 0,05 = 90,002 \text{ кг/м}^2$ .

4) Полиэтиленовая армированная пленка:

Производитель: ПРОМЫШЛЕННИК (Россия)

Вес:  $\text{г/м}^2$ : 140

Нагрузка:  $\text{г/м}^2$ :  $140 \text{ кг/м}^2 = 0,14 \text{ кг/м}^2$ .

5) Экструдированный полистерол:

Производитель: ТЕХНОПЛЕКС (Россия)

Толщина: 30 мм

Плотность (средняя):  $\rho = 35 \text{ кг/м}^3$

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2$ :  $.35 \times 0,03 = 1,05 \text{ кг/м}^2$ .

6) Выравнивающая стяжка:

Толщина: 20 мм

Плотность раствора М100 (средняя):  $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2$ :  $1500 * 0,02 = 30 \text{ кг/м}^2$ .

7) Сталежелезобетонная плита перекрытия:

Толщина: 120 мм

Плотность:  $\rho = 2500 \text{ кН/м}^3$

Нагрузка:  $\text{кг/м}^2$ :  $2500 * 0,12 = 300 \text{ кг/м}^2$ .

*Б2. Временные нагрузки*

8) Нормативные значения равномерно распределенных временных нагрузок на плиты перекрытий можно найти в таблице 8.3 СП20.13330.2016". Для квартир жилых зданий составляет:  $1,5 \text{ кПа} \approx 150 \text{ кг/м}^2$ .

Коэффициент надежности по нагрузке принимается в зависимости от величины её полного нормативного значения:

$\gamma_f = 1,3$  – при полном нормативном значении менее  $2,0 \text{ (кПа, кН/м}^2)$ ;

$\gamma_f = 1,2$  – при полном нормативном значении  $2,0 \text{ (кПа, кН/м}^2)$  и более.

В нашем примере  $\gamma_f = 1,3$ .

*Б3. Полное расчетное значение нагрузки*

№ п/п	Наименование	Подсчет	Нормативное значение, кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	Расчетное значение, кг/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная нагрузка</b>					
1	Керамическая плитка $\rho=2500$ кг/м <sup>3</sup> , $t=8$ мм	$2500*0,008=16,4$	16,4	1,2	19,68
2	Обмазочная гидроизоляция на цементной основе $\rho=1600$ кг/м <sup>3</sup> , $t=2$ мм	$1600*0,002=3,2$	3,2	1,3	4,16
3	Армированная цементно-песчаная стяжка $\rho=1800$ кг/м <sup>3</sup> , $t=50$ мм	$1800*0,05=90$	90	1,3	117
4	Полиэтиленовая армированная пленка	-	0,14	1,2	0,168
5	Экструдированный полистерол $\rho=35$ кг/м <sup>3</sup> , $t=30$ мм	$35*0,03=1,05$	1,05	1,2	1,26
6	Выравнивающий слой $\rho=1500$ кг/м <sup>3</sup> , $t=20$ мм	$1500*0,02=30$	30	1,3	30
7	Сталежелезобетонное перекрытие $\rho=2500$ кН/м <sup>2</sup> , $t=120$ мм	$2500*0,12=300$	300	1,1	330
	Итого		440,79		<b>511,268</b>
<b>Временная нагрузка</b>					
	Полезная (временная нагрузка)		150	1,3	195
	Итого полная:		590,79		<b>706,268</b>

## В. Рассчитать нагрузку на 1 м погонный балки перекрытия

Исходные данные: Сетка колонн (м) –  $4,0 \times 7,0$  м; расчетная нагрузка  $706,268 \text{ кг/м}^2$  (смотри пример Б).

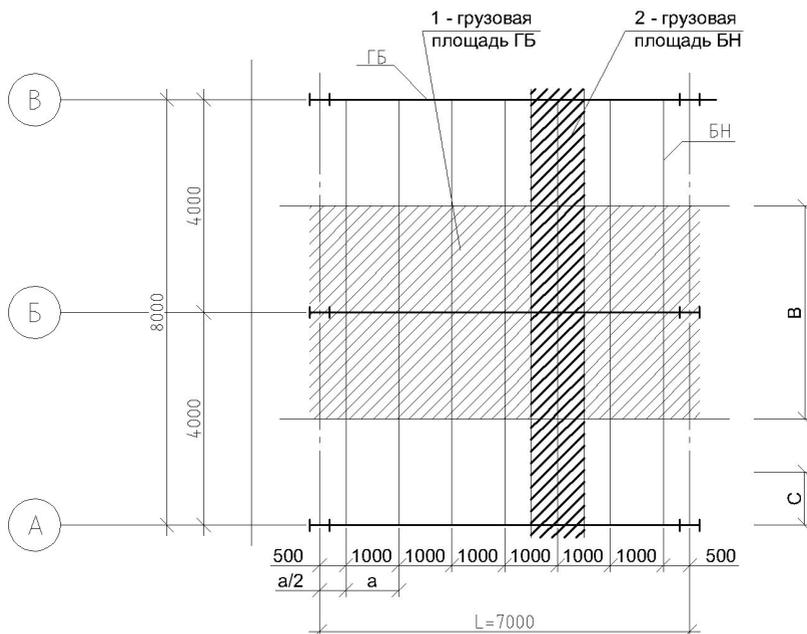


Рисунок 2.8 – Грузовая площадь для главной балки ГБ (1); грузовая площадь для балки настила БН (2); а – шаг балок настила; С – 1 погонный метр длины балки настила

*В1. Расчетная погонная нагрузка на балку перекрытия (балку настила) без учёта собственного веса балки:*

$$q = 1,02 \times q_{n1} \times a \times \gamma_n = 1,02 \times 7,06 \times 1 \times 1 = 7,2 \text{ кН/м},$$

где  $q_{n1} = 706,268 \text{ кг/м}^2 \approx 7,06 \text{ кН/м}^2$ ;

$a = 1 \text{ м}$  – шаг балок настила;

$\gamma_n$  – это коэффициент надёжности по ответственности, его подбирают по ГОСТ 27751-2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований» (таблица 2). Значение этого

коэффициента зависит от класса сооружения, у нас КС-2. Исходя из этого:  $\gamma_n = 1$ .

*В2. Нормативная и расчетная погонные нагрузки от собственного веса балки настила*

Сечение балок настила определяется расчётом в зависимости от величины нагрузки и допустимого прогиба. В настоящем примере условно назначаем двутавр 16Б2 по ГОСТ Р 57837-2017.

По сортаменту номинальная масса 1 м двутавра, 15,80 кг.

Тогда погонная расчетная нагрузка от собственного веса балки составит:

$$q_2 = \rho_1 \times \gamma_{f2} = 15,80 \times 1,05 = 16,59 \text{ кг/м или } 0,166 \text{ кН/м,}$$

$\gamma_{f2} = 1,05$  – коэффициент надежности по нагрузке от собственного веса стальных конструкций. (“СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия”).

*В3. Полная расчетная нагрузка для подбора и проверки сечения балки настила:*

$$q = q_1 + q_2 = 7,2 \text{ кН/м} + 0,166 \text{ кН/м} = 7,366 \text{ кН/м} \approx 736,6 \text{ кг/м.}$$

### Источники

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – М.: ФАУ «ФЦС», 2018. – 122 с.
2. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
3. ГОСТ 31108-2016. Цементы общестроительные. – М.: Стандартинформ, 2019. – 18 с. URL: <https://gostexpert.ru/gost/gost-31108-2016>
4. URL: <https://www.ru.weber/>
5. URL: <https://nsk.orrmosaic.ru/>
6. URL: <https://www.tn.ru/>
7. URL: [https://studopedia.ru/13\\_5482\\_karti-rayonirovaniya-territorii-sssr-po-klimaticheskim-harakteristikam.html](https://studopedia.ru/13_5482_karti-rayonirovaniya-territorii-sssr-po-klimaticheskim-harakteristikam.html)

## 3. СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ГРУНТОВ

### 3.1 Общие сведения о материалах для несущих строительных конструкций. Характеристики материалов

Напомним основные сведения о материалах несущих строительных конструкций.

В зависимости от применяемых конструкционных материалов различают: металлические (стальные и алюминиевые); бетонные и железобетонные; каменные и армокаменные конструкции и конструкции из дерева (древесины) и пластмасс.

**Камень** – один из самых древних, наряду с деревом, природных строительных материалов. Помимо самого камня, к каменным материалам относятся кирпич и растворы, а также бетоны и растворы для изготовления мелких и крупных блоков. Каменные элементы здания, армированные стальной арматурой, называются армокаменными. Конструктивные системы из камня, кирпича являются наиболее тяжелыми и трудоемкими в изготовлении.

**Древесина** – природный ортотропный материал (плотная твёрдая часть дерева или кустарника, находящаяся под корой). В зависимости от технологии изготовления различают конструкции из цельной или клееной древесины. Наиболее прочными и менее дорогими являются конструкции из клееной древесины. Свойства древесины определяются породой дерева, ее строением и тем, к какой части ствола она относится. Деревья, из которых производится древесина, в основном делятся на лиственные и хвойные

Для изготовления ДК применяют древесину преимущественно хвойных пород. Древесину твердых лиственных пород используют для нагелей, подушек и других деталей узловых соединений.

**Металл** – наиболее дорогой и ценный конструкционный материал. В строительстве для несущих конструкций в основном используются *строительная сталь* и *алюминиевые сплавы*. Сталь (сплав железа с углеродом) – искусственный, прочный, но, в то же время, и дорогой материал. Стальные конструкции при низкой собственной массе обладают высокой несущей способностью. Для изготовления несущих строительных конструкций используются также алюминиевые сплавы. По некоторым показателям алюминиевые сплавы превосходят стальные, но ввиду их высокой стоимости в строительстве используются редко.

**Бетон и железобетон** – это искусственные конструкционные каменные материалы, которые обладают высокой прочностью и долговечностью. Конструкции из железобетона при высокой несущей способности обладают стойкостью к коррозионным воздействиям и высокой огнестойкостью. Основным недостатком железобетона является его большой собственный вес.

Сравнение собственного веса конструкций показывает, что наиболее легкими являются металлические конструкции; деревянные оказываются тяжелее примерно в 1,5–2 раза, железобетонные – в 4–10 раз; каменные – в 20–40 раз. Легкость металлических конструкций обусловлена высокой прочностью стали, позволяющей применять относительно малые сечения при значительных внутренних усилиях. Преимущества и недостатки конструкций из различных конструкционных материалов представлены в таблице 3.1.

### **Свойства материалов**

Свойства строительных материалов делятся на физические, механические, химические и технологические (рисунок 3.1, см. таблицу 3.1).

При проектировании *несущих строительных конструкций* наибольший интерес представляют механические свойства.

Под механическими свойствами строительных материалов понимают их способность сопротивляться различного рода деформациям и разрушению (в сочетании с упругим и пластическим

Таблица 3.1 – Сравнительные показатели  
конструкционных материалов

Показатели	Виды конструкций			
	железобетонные	металлические	деревянные	каменные
Легкость	Тяжелые	Легкие	Средние	Очень тяжелые
Огнестойкость (без огнезащиты)	Высокая	Не огнестойкие	Огнестойкие, но возгораемы	Высокая
Атмосферостойкость	Достаточная	Склонность к коррозии	Подверженность гниению	Достаточная
Химическая стойкость	В ряде случаев недостаточная	Слабая	Весьма высокая	Достаточная
Эксплуатационные расходы	Почти отсутствуют	Необходимость периодической окраски	Необходимость восстановления защитных покрытий против гниения и огня	Почти отсутствуют
Ремонтпригодность	Трудности в усилении	Высокая	Высокая	Трудности в усилении

поведением) под действием различного вида нагрузок (сжимающей, растягивающей, изгибающей и т. д.).

Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться разрушающему воздействию внешних сил. Они делятся на прочностные и деформативные. К прочностным относятся – прочность, твердость, истираемость, сопротивление удару, износ; к деформативным – упругость, пластичность, хрупкость, ползучесть, усадка. При определении механических

свойств строительных материалов используют следующие понятия и характеристики.

**Напряжение.** Внешние факторы (нагрузки, температура и др.), действующие на материальное тело, стремятся деформировать его. В ответ на их действие в материале возникают внутренние силы, препятствующие деформации материала, в результате чего вся система остается в равновесии. Мерой этих внутренних сил служит напряжение  $\delta$  – сила, приходящаяся на единицу сечения материала (Н/м<sup>2</sup>).

**Деформация.** Деформация – изменение формы и (или) размеров тела без нарушения его целостности. Упругие деформации после снятия нагрузки исчезают, т. е. тело принимает свои исходные параметры, а пластические деформации сохраняются и после снятия нагрузки – это необратимые (остаточные) деформации. Упругие деформации предшествуют пластическим. За характеристику деформации принимают относительное удлинение  $\varepsilon$  (или сужение) тела или его элемента. Деформации можно разделить на собственные – усадку и расширение, возникающие под действием физико-химических процессов, протекающих в материале, и деформации от действия нагрузки.

**Модуль упругости.** Между напряжением и деформацией упругих материалов существует прямая пропорциональная зависимость, известная под названием закона Гука. Коэффициент пропорциональности  $E$ , характеризующий меру жесткости материала, т. е. способность сопротивляться упругим деформациям, называют модулем упругости, или **модулем Юнга**. Чем ниже модуль упругости, тем легче деформируется материал (например, модуль упругости стали – 200 МПа, тяжелого бетона – 300 МПа, а резины – 0,01 МПа).

**Коэффициент Пуассона.** Коэффициент Пуассона (обозначается как  $\nu$  или  $\mu$ ) – величина отношения относительного поперечного сжатия к относительному продольному растяжению. Этот коэффициент зависит не от размеров тела, а от природы материала, из которого изготовлен образец. Коэффициент Пуассона и модуль Юнга полностью характеризуют упругие свойства

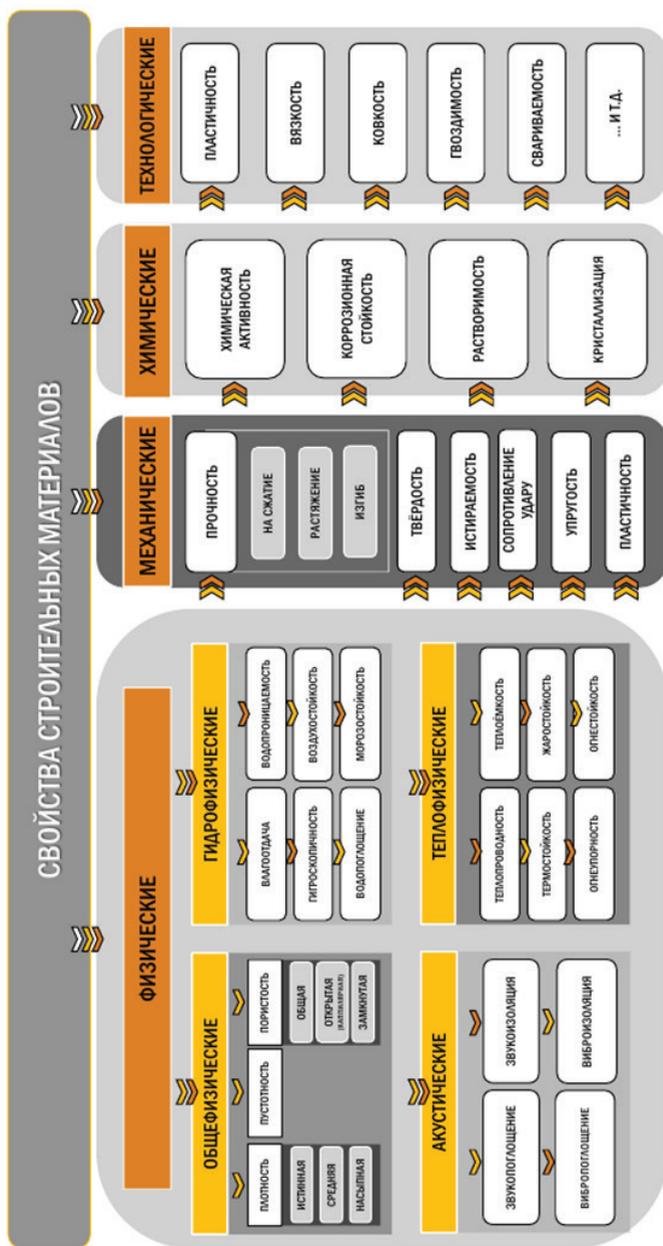


Рисунок 3.1 – Свойства строительных материалов

изотропного материала. Безразмерен, но может быть указан в относительных единицах: мм/мм, м/м.

**Прочность** – свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих от внешних нагрузок. Под воздействием различных нагрузок материалы в зданиях и сооружениях испытывают различные внутренние напряжения. Прочность является основным свойством большинства строительных материалов, от ее значения зависит величина нагрузки, которую может воспринимать данный элемент при заданном сечении. Прочность материала характеризуется пределом прочности (при сжатии, изгибе и растяжении). Пределом прочности называют напряжение, соответствующее нагрузке, при которой происходит разрушение образца материала.

Предел прочности материала определяют опытным путем, испытывая в лаборатории на гидравлических прессах или разрывных машинах специально изготовленные образцы

**Упругость** называют свойство материала деформироваться под нагрузкой и принимать после снятия нагрузки первоначальную форму и размеры. Наибольшее напряжение, при котором материал еще обладает упругостью, называется пределом упругости. Упругость является положительным свойством строительных материалов. В качестве примера упругих материалов можно назвать резину, сталь, древесину.

**Пластичность** называют свойство материала изменять под нагрузкой форму и размеры без образования разрывов и трещин и сохранять изменившуюся форму и размеры после удаления нагрузки. Это свойство противоположно упругости. Примером пластичного материала служат свинец, глиняное тесто, нагретый битум.

В природе нет абсолютно упругих и абсолютно пластичных материалов. Любой материал в той или иной степени проявляет и упругие, и пластические свойства.

Для несущих конструкций наиболее предпочтительными являются материалы, которые наряду с большой упругостью перед разрушением обладают высокой пластичностью. Разрушение в подобных материалах не будет происходить внезапно.

**Хрупкостью** называют свойство материала мгновенно разрушаться под действием внешних сил при незначительной деформации.

К хрупким материалам относят природные камни, керамические материалы, стекло, чугун, бетон и т. п.

**Ползучесть** – это увеличение деформации материала под действием постоянной нагрузки. Наиболее большой ползучестью обладают материалы и изделия из полимеров, изделия из ячеистого бетона на цементном вяжущем и др.

### **Характеристики прочности материалов**

Основными прочностными характеристиками материалов несущих конструкций, являются *нормативные значения* их прочностных характеристик (*нормативные сопротивления  $R_n$* ). Нормативные сопротивления материалов устанавливаются в нормативных документах или технических условиях (ТУ) и контролируются при изготовлении конструкций, строительстве и эксплуатации строительного объекта.

*Расчётное сопротивление материала  $R$*  – это результат деления нормативного сопротивления на коэффициент надежности по материалу  $\gamma_n$ :

$$R = \frac{R_n}{\gamma_n}.$$

Коэффициент надежности по материалу  $\gamma_n$  учитывает возможные отличия свойств материала в образцах и реальных конструкциях (размерные эффекты, изменение свойств во времени, влияние температурных условий и т. п.) в неблагоприятную (меньшую) сторону от их нормативных значений ( $\gamma_n > 1$ ).

Расчетные значения характеристик материалов и грунтов допускается определять непосредственно по экспериментальным данным.

Следует обратить внимание, что в отличие от нормативной нагрузки (см. раздел 2), которая меньше, чем расчетная, нормативное сопротивление больше расчетного. Таким образом, в расчет

по первой группе предельных состояний закладываются максимально возможные значения нагрузок и минимально возможные значения прочности, что обеспечивает более высокую гарантию ненаступления предельных состояний. Обеспеченность (доверительная вероятность) нормативного сопротивления 0,95 означает, что из 100 образцов 95 будут иметь прочность выше нормативного значения (нормативного сопротивления). Риск появления в конструкции материала меньшей прочности устраняется использованием коэффициента надежности материала.

Нормативные характеристики материалов и грунтов, а также их изменчивость определяют на основе результатов испытаний соответствующих образцов или методами неразрушающего контроля. Испытания проводят на образцах, представляющих рассматриваемую совокупность (партию) материалов с учетом условий их изготовления, приемки и поставки.

При расчете конструкций, работающих при высоких или низких температурах, повышенной влажности, в агрессивных средах, при повторных воздействиях и тому подобных условиях, учитывают возможные изменения их свойств во времени, в первую очередь деградацию физических свойств материала (прочности, упругости, вязкости и др.).

Нормативные значения дополнительных характеристик материалов и грунтов могут быть получены расчетным путем на основе положений, принятых в нормах проектирования конструкций.

В качестве основных параметров механических свойств грунтов устанавливают нормативные и расчетные значения прочностных, деформационных и других физико-механических характеристик, определяемых на основе данных инженерно-геологических изысканий участка строительства объекта с учетом опыта проектирования и строительства.

Нормативные значения характеристик грунта или параметров, определяющих взаимодействие фундаментов с грунтом, принимают равными их математическим ожиданиям, полученным по результатам обработки результатов испытаний, если не оговорены иные условия, определяющие их значения.

## 3.2 Материалы для стальных конструкций

### 3.2.1 Классификация и обозначение сталей

Сталью называют сплав железа с углеродом и другими элементами с содержанием углерода до 2,14 %. Стали классифицируют по следующим признакам: химическому составу, способу производства, содержанию вредных примесей, структуре, области применения. Основным признаком, по которому классифицируют стали, является их химический состав. Он определяет марку и название стали.

*По химическому составу* стали подразделяют на *углеродистые* и *легированные*.

*По способу производства* стали бывают: *конвертерные, мартеновские, электростали и стали особых методов выплавки.*

*По степени раскисления* стали производят *кипящие, спокойные и полуспокойные.*

*По качеству*, которое формируется в основном на стадии выплавки и определяется содержанием таких вредных примесей, как сера и фосфор, стали бывают:

1) *обыкновенного качества* (массовая доля серы не более 0,05 % и фосфора – до 0,04 %);

2) *качественные* (массовая доля серы до 0,04 % и фосфора – до 0,035 %);

3) *высококачественные* (массовая доля серы до 0,025 % и фосфора – до 0,025 %);

4) *особо высококачественные* (массовая доля серы до 0,015 % и фосфора – до 0,025 %).

*По прочности* стали условно делят на 3 группы (таблица 3.2):

1) *обычной прочности* ( $\sigma_y$  до 290 МПа (Н/мм<sup>2</sup>));

2) *сталей повышенной прочности* ( $\sigma_y$  от 290 до 390 МПа);

3) *сталей высокой прочности* ( $\sigma_y$  от 440 МПа и выше).

*По областям применения* стали делят на *конструкционные, инструментальные и особые.*

Таблица 3.2 – Классификация сталей по прочности

Группа стали	Марки стали по ГОСТ 27772-88	Протя- женность площадки текучести, %	$\sigma_y / \sigma_u$	$\delta$ , %
Стали обычной прочности малоуглеродистые	C235; C245; C255; C275; C285	2,5	0,6...0,7	21
Стали повышенной прочности низколегированные	C345; C375	1...1,5	0,7...0,8	17
Стали высокой прочности низколегированные с термическим упрочнением	C390; C440; C590	arc.	0,8...0,9	12

Классификация сталей по другим признакам приведена на рисунке 3.2.

### Углеродистые стали

Углеродистыми называют стали, в которых отсутствуют специальные добавки легирующих элементов, но имеется небольшое количество примесей, обусловленное технологией выплавки. При этом допускаются примеси марганца и кремния в пределах 0,8...1 %, которые практически не оказывают влияния на механические свойства стали. В зависимости от содержания углерода углеродистые стали бывают: низкоуглеродистые (C до 0,25 %); среднеуглеродистые (C = 0,3...0,6 %); высокоуглеродистые (C > 0,6 %). По назначению углеродистые стали делят на конструкционные и инструментальные. Они имеют разное обозначение.

### Легированные стали

Легированными называют стали, в которых кроме обычных примесей и углерода содержатся специально вводимые в определённых сочетаниях легирующие элементы (хром, никель,



Рисунок 3.2 – Классификация сталей

молибден и др., а также марганец и кремний в количествах, превышающих 0,8...1,2 %).

В зависимости от суммарного содержания легирующих элементов легированные стали делят на: низколегированные (содержание легирующих элементов в сумме не более 2,5 %); легированные (от 2,5 до 10 %); высоколегированные (более 10 %).

### **Расшифровка марки сталей**

Марки малоуглеродистых сталей отражают их химический состав и обозначаются буквами Ст (Сталь) с добавлением других характеристик, например, СтЗпс2. Цифра после общего обозначения Ст указывает условный номер марки в зависимости от механических свойств и химического состава. В строительстве используются стали лишь третьей группы, содержащие не более 0,22 % углерода и имеющие гарантию свариваемости. Далее указывается степень раскисления стали (сп, пс, кп). Последняя цифра в обозначении марки указывает на категорию по ударной вязкости (от 1 до 7) в зависимости от набора нормируемых показателей.

Обозначения марок низколегированных сталей (ГОСТ 19281. ГОСТ 19282) указывают на их химический состав, например, 09Г2С, 14Г2АФ, 10ХСНД и т. д. Первые две цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента, далее обозначаются легирующие элементы: марганец (Г), кремний (С), хром (Х), никель (Н), азот (Л), ванадий (Ф), медь (Д) и т. д. Содержание каждого элемента в процентах указывается цифрами после его обозначения. Если содержание элемента более 1 %, но менее 2 %, то после соответствующей литеры ставится цифра 2. Если содержание марганца меньше 0,8 %, кремния меньше 0,6 %, меди, никеля и хрома меньше 0,3 %, то в марке стали они не указываются. К сталям повышенной прочности относится и сталь марки ВСтТпс, получаемая закалкой стали ВСтЗпс.

### **Обозначение строительных сталей**

В отличие от марки стали, обозначение строительной стали отражает не химический состав, а её назначение и основную характеристику для расчёта стальных конструкций «класс

прочности» – нормативное сопротивление стали по пределу текучести  $R_y = \sigma_y$ .

Прокатные профили для изготовления строительных металлоконструкций поставляют по ГОСТ 27772-2015. В соответствии с этим межгосударственным стандартом, прокат производят следующих наименований: С235, С245, С255, С275, С285, С345, С345К, С375, С390, С390К, С440, С440Д, С590, С590К. Буква «С» в наименовании означает сталь строительную, цифры обозначают предел текучести  $\sigma_t$  в Н/мм<sup>2</sup> (МПа) для минимальной толщины проката. В конце наименования могут стоять буквы «К», «Т» или «Д», обозначающие: К – отличие химического состава стали от состава стали того же класса прочности (наименования), например, С345К отличается от С345 наличием 0,08–0,15 % алюминия; Т – упрочнение проката углеродистой стали термической обработкой; Д – введение в сталь 0,15–0,30 % Си для повышения сопротивления атмосферной коррозии. Каждому наименованию стали соответствуют одна или несколько марок углеродистой стали обычного качества или низколегированной стали (прилож. 2). Например, наименованию стали С285 соответствуют марки СтЗпс, СтЗГпс, СтЗГсп, а наименованию С590 – марка низколегированной стали 12Г2СМФ (прилож. 2). При этом только наименования С345 и С375 имеют 4 категории по хладостойкости, которые определяются гарантированными значениями ударной вязкости  $K_{CU}$  при разных расчётных температурах. Номер категории указывается в конце наименования (например, С345-1, С375-4, С345Д-3).

Сталь, из которой производятся профили для изготовления металлоконструкций (в соответствии с ГОСТ 27772-2015), обозначается буквой С и цифрами, например, С245. Буква С означает «сталь строительная», цифры обозначают нормативное сопротивление проката по пределу текучести в МПа (с округлением вниз кратно 5 МПа). Для отдельных сталей добавляется буква: К – вариант химического состава; Д – сталь повышенной коррозионной стойкости (с повышенным содержанием меди).

Выбор химического состава, технологии получения стали, её термообработки и проката определяются заводом-изготовителем.

Для стальных строительных конструкций важными показателями являются механические свойства и химический состав стали.

Выбор стали для строительных конструкций производится в соответствии с Приложением В СП 16.13330.2017 Стальные конструкции.

### 3.2.2 Расчетные характеристики материалов

В таблице 3.3 приведены формулы для определения расчетных сопротивлений материалов для стальных конструкций, а в таблице 3.4 необходимые для их вычисления коэффициенты надежности по материалу. В таблице 3.5 приведены нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе стального проката, а в таблице 3.6 показаны физические характеристики материалов для стальных конструкций

Таблица 3.3 – Расчетные характеристики материалов

Определение расчетных сопротивлений проката, гнутых профилей и труб			
Напряженное состояние		Усл. об.	Расчетное сопротивление
Растяжение, сжатие и изгиб	По пределу текучести	$R_y$	$R_y = R_{yn} / \gamma_n$
	По временному сопротивлению	$R_u$	$R_u = R_{un} / \gamma_m$
Сдвиг		$R_s$	$R_s = 0,58R_{un} / \gamma_m$
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)		$R_p$	$R_p = R_{un} / \gamma_m$
Смятие местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании		$R_{lp}$	$R_{lp} = 0,5R_{un} / \gamma_m$
Диаметральное сжатие катков (при свободном касании в конструкциях с ограниченной подвижностью)		$R_{cd}$	$R_{cd} = 0,025R_{un} / \gamma_m$
Растяжение в направлении толщины проката (до 60 мм)		$R_{th}$	$R_s = 0,5R_{un} / \gamma_m$

Таблица 3.4 – Коэффициент надежности  
по материалу проката, гнутых профилей и труб

Государственный стандарт или технические условия на прокат	$\gamma_m$
ГОСТ 27772-88 (кроме сталей С590, С590К); ТУ 1 Д-1-3023-80 (для круга, квадрата, полосы)	1,025
ГОСТ 27772-88 (стали С590, С590К); ГОСТ 380-71 ** (для круга и квадрата размерами, отсутствующими в ТУ 1 Д-1-3023-80); ГОСТ 19281-73* [для круга и квадрата с пределом текучести до 380 МПа (39 кгс/мм <sup>2</sup> ) и размерами, отсутствующими в ТУ 1 Д-1-3023-80]; ГОСТ 10705-80*; ГОСТ 10706-76*	1,050
ГОСТ 19281 -73* [для круга и квадрата с пределом текучести свыше 380 МПа (39 кгс/мм <sup>2</sup> ) и размерами, отсутствующими в ТУ 1 Д-1 -3023-80]; ГОСТ 8731-87; ТУ 1 Д-3-567-76	1,100

Таблица 3.5 – Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального и фасонного проката по ГОСТ 27772-88 для стальных конструкций зданий и сооружений

Сталь	Толщина проката $t$ , мм	Нормативное сопротивление <sup>2</sup> , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> ), проката				Расчетное сопротивление <sup>3</sup> , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), проката			
		листового, широкополосного универсального		фасонного		листового, широкополосного универсального		фасонного	
		$R_{yn}$	$R_{tm}$	$R_{yn}$	$R_{tm}$	$R_{y}$	$R_{t}$	$R_{y}$	$R_{t}$
С235	От 2 до 20	235 (24)	360 (37)	235 (24)	360 (37)	230 (2350)	350 (3600)	230 (2350)	350 (3600)
	Св. 20 до 40	225 (23)	360 (37)	225 (23)	360 (37)	220 (2250)	350 (3600)	220 (2250)	350 (3600)
	Св. 40 до 100	215 (22)	360 (37)	-	-	210 (2150)	350 (3600)	-	-
	Св. 100	195 (20)	360 (37)	-	-	190 (1950)	350 (3600)	-	-
С245	От 2 до 20	245 (25)	370 (38)	245 (25)	370 (38)	240 (2450)	360 (3700)	240 (2450)	360 (3700)
	Св. 20 до 30	-	-	235 (24)	370 (38)	-	-	230 (2350)	360 (3700)
С255	От 2 до 3,9	255 (26)	380 (39)	-	-	250 (2550)	370 (3800)	-	-
	От 4 до 10	245 (25)	380 (39)	255 (26)	380 (39)	240 (2450)	370 (3800)	250 (2550)	370 (3800)
	Св. 10 до 20	245 (25)	370 (38)	245 (25)	370 (38)	240 (2450)	360 (3700)	240 (2450)	360 (3700)
	Св. 20 до 40	235 (24)	370 (38)	235 (24)	370 (38)	230 (2350)	360 (3700)	230 (2350)	360 (3700)
С275	От 2 до 10	275 (28)	380 (39)	275 (28)	390 (40)	270 (2750)	370 (3800)	270 (2750)	380 (3900)
	Св. 10 до 20	265 (27)	370 (38)	275 (28)	380 (39)	260 (2650)	360 (3700)	270 (2750)	370 (3800)
С285	От 2 до 3,9	285 (29)	390 (40)	-	-	280 (2850)	380 (3900)	-	-
	От 4 до 10	275 (28)	390 (40)	285 (29)	400 (41)	270 (2750)	380 (3900)	280 (2850)	390 (4000)
	Св. 10 до 20	265 (27)	380 (39)	275 (28)	390 (40)	260 (2650)	370 (3800)	270 (2750)	380 (3900)

С345	От 2 до 10	345 (35)	490 (50)	345 (35)	490 (50)	345 (35)	490 (50)	335 (3400)	480 (4900)	335 (3400)	480 (4900)
	Св. 10 до 20	325 (33)	470 (48)	325 (33)	470 (48)	325 (33)	470 (48)	315 (3200)	460 (4700)	315 (3200)	460 (4700)
	Св. 20 до 40	305 (31)	460 (47)	305 (31)	460 (47)	305 (31)	460 (47)	300 (3050)	450 (4600)	300 (3050)	450 (4600)
	Св. 40 до 60	285 (29)	450 (46)	-	-	-	-	280 (2850)	440 (4500)	-	-
	Св. 60 до 80	275 (28)	440 (45)	-	-	-	-	270 (2750)	430 (4400)	-	-
	Св. 80 до 160	265 (27)	430 (44)	-	-	-	-	260 (2650)	420 (4300)	-	-
	С345К	От 4 до 10	345 (35)	470 (48)	345 (35)	470 (48)	345 (35)	470 (48)	335 (3400)	460 (4700)	335 (3400)
С375	От 2 до 10	375 (38)	510 (52)	375 (38)	510 (52)	375 (38)	510 (52)	365 (3700)	500 (5100)	365 (3700)	500 (5100)
	Св. 10 до 20	355 (36)	490 (50)	355 (36)	490 (50)	355 (36)	490 (50)	345 (3500)	480 (4900)	345 (3500)	480 (4900)
	Св. 20 до 40	335 (34)	480 (49)	335 (34)	480 (49)	335 (34)	480 (49)	325 (3300)	470 (4800)	325 (3300)	470 (4800)
С390	От 4 до 50	390 (40)	540 (55)	-	-	-	-	380 (3850)	530 (5400)	-	-
	С390К	От 4 до 30	390 (40)	540 (55)	-	-	-	380 (3850)	530 (5400)	-	-
С440	От 4 до 30	440 (45)	590 (60)	-	-	-	-	430 (4400)	575 (5850)	-	-
	Св. 30 до 50	410 (42)	570 (58)	-	-	-	-	400 (4100)	555 (5650)	-	-
С590	От 10 до 36	540 (55)	635 (65)	-	-	-	-	515 (5250)	605 (6150)	-	-
С590К	От 16 до 40	540 (55)	635 (65)	-	-	-	-	515 (5250)	605 (6150)	-	-

1. За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки (минимальная его толщина 4 мм).

2. За нормативное сопротивление приняты нормативные значения предела текучести и временного сопротивления по ГОСТ 27772-88.

3. Значения расчетных сопротивлений получены делением нормативных сопротивлений на коэффициенты надежности по материалу, определенные в соответствии с п. 3.2\*, с округлением до 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>).

Примечание. Нормативные и расчетные сопротивления из стали повышенной коррозионной стойкости (см. примеч.

5 к табл. 50\*) следует принимать такими же, как для соответствующих сталей без меди.

Таблица 3.6 – Физические характеристики материалов для стальных конструкций

Характеристика	Значение
Плотность $\rho$ , кг / м <sup>3</sup> :	
проката и стальных отливок	7850
отливок из чугуна	7200
Коэффициент линейного расширения $\alpha$ , °С <sup>-2</sup>	0,12•10 <sup>-4</sup>
Модуль упругости $E$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):	
прокатной стали и стальных отливок	2,06•10 <sup>5</sup> (2,1•10 <sup>6</sup> )
отливок из чугуна марок:	
СЧ15	0,83•10 <sup>5</sup> (0,85•10 <sup>6</sup> )
СЧ20, СЧ25, СЧ30	0,98•10 <sup>5</sup> (1,0•10 <sup>6</sup> )
пучков и прядей параллельных проволок	1,96•10 <sup>5</sup> (2,0•10 <sup>6</sup> )
канатов стальных:	
спиральных и закрытых несущих	1,67•10 <sup>5</sup> (1,7•10 <sup>6</sup> )
двойной свивки	1,47•10 <sup>5</sup> (1,5•10 <sup>6</sup> )
двойной свивки с неметаллическим сердечником	1,27•10 <sup>5</sup> (1,3•10 <sup>6</sup> )
Модуль сдвига прокатной стали и стальных отливок $G$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	1,27•10 <sup>5</sup> (1,3•10 <sup>6</sup> )
Коэффициент поперечной деформации (Пуассона) $\nu$	0,78•10 <sup>-5</sup> (0,81•10 <sup>6</sup> )
Примечание. Значения модуля упругости даны для канатов, предварительно вытянутых усилием не менее 60 % разрывного усилия для каната в целом.	

### 3.2.3 Сортамент металлопроката

Для несущих строительных конструкций используют фасонный (уголки, двутавры, швеллеры), листовой, широкополосный универсальный прокат и гнутые профили; тонколистовой прокат из углеродистой стали и из стали повышенной прочности; холодногнутые профили; профили гнутые замкнутые квадратные и прямоугольные; сортовой прокат (круг, квадрат, полоса) в соответствии с действующими нормативными документами (НД); электросварные и горячедеформированные бесшовные трубы (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Сортамент проката для стальных конструкций

Каталог прокатных профилей с указанием формы, геометрических характеристик, массы единицы длины называется сортаментом. Сортамент оформляется в виде государственных стандартов (ГОСТов) и технических условий (ТУ). В Кыргызской Республике действует Межгосударственный стандарт: ГОСТ 27772-2015 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия».

В соответствии с этим нормативным документом прокат изготавливают:

- *по видам:*
  - листовой (тонколистовой, толстолистовой);
  - широкополосный универсальный;
  - фасонный (уголки, двутавры, швеллеры);
  - гнутые профили;
- *по наименованию стали* С235, С245, С255, С345, С345К, С355, С355-1, С355К, С355П, С390, С390-1, С440, С550, С590, где буква «С» означает – сталь строительная, цифры 235–590 условно обозначают предел текучести проката в Н/мм<sup>2</sup>, цифра 1 – вариант химического состава, буква «К» – сталь с повышенной коррозионной стойкостью, «П» – сталь с повышенной огнестойкостью;
- *по состоянию кромки;*
- *по состоянию поставки.*

Некоторые термины и их определения, используемые в сортаменте:

- *прокат листовой.* Продукция прямоугольного поперечного сечения с большой величиной отношения ширины к толщине;
- *прокат тонколистовой.* Продукция толщиной менее 3,00 мм, шириной 500 мм и более с катаной или обрезной кромкой и поставляемая в листах или рулонах;
- *прокат толстолистовой.* Продукция толщиной 3,00 мм и более, шириной 500 мм и более с катаной или обрезной кромкой и поставляемая в листах или рулонах;

- *прокат широкополосный универсальный*. Продукция толщиной от 6 мм до 60 мм, шириной от 200 мм до 1050 мм с катаной кромкой и поставляемая в листах;
- *прокат фасонный*. Прокат, у которого касательная хотя бы в одной точке контура поперечного сечения данное сечение пересекает;
- *уголок*. Прокат с поперечным сечением в виде прямого угла с равными или неравными сторонами и закругленными внутренними кромками;
- *двутавр*. Прокат, имеющий поперечное сечение, напоминающее две соединенные основаниями буквы «Т», с уклоном внутренних граней полок или с параллельными полками;
- *швеллер*. Прокат поперечного сечения, напоминающего букву «П» с закругленными внутренними кромками, с уклоном внутренних граней полок или с параллельными полками;
- *профили гнутые*. Профили различных поперечных сечений, изготавливаемые на профилегибочных станах из горячекатаного листового проката, имеющие поперечное сечение, одинаковое по всей длине.

Листовая сталь имеет несколько разновидностей: толстолистовой прокат, универсальный прокат, тонколистовой прокат, полосовой прокат, рифленая сталь.

*Сталь толстолистовая*. Сортамент этой стали включает листы толщиной от 4 до 160 мм, шириной от 600 до 3800 мм. Она поставляется в листах длиной 6–2 м или в рулонах толщиной до 12 мм и шириной от 500 до 2200 мм. В строительных конструкциях толщину листовой стали рекомендуется применять не более 40 мм и не менее 6 мм с градацией до 22 мм через 2 мм.

*Сталь широкополосная, универсальная* благодаря прокату между четырьмя валками имеет ровные края. Толщина такой стали от 6 до 60 мм, ширина от 200 до 1950 мм и длина листов от 5 до 12 м. Применение универсальной стали уменьшает отходы и снижает трудоемкость изготовления конструкций, так как не требует резки и выравнивания кромок строжкой.

*Сталь полосовая* имеет толщину от 4 до 60 мм при ширине до 22 мм. Ее применяют для конструктивных деталей типа диафрагм и ребер жесткости, а также для изготовления гнутых профилей.

*Сталь тонколистовая* толщиной до 4 мм прокатывается холодным и горячим способом. Холоднокатаная сталь значительно дороже горячекатаной. Тонколистовую сталь применяют при изготовлении гнутых и штампованных тонкостенных профилей, для кровельных покрытий и т. п. Из холоднокатаной оцинкованной стали изготавливают профилированные настилы.

*Рифленая сталь* толщиной от 2,5 мм до 8 мм с ромбическими или чечевицеобразными выступами, препятствующими скольжению при ходьбе, используется для настилов площадок.

*Профильная сталь* – уголки, швеллеры, тавры, двутавры, трубы и пр. Угловые профили двух типов: равнополочные и неравнополочные.

Основные профили сортового проката показаны на рисунке 3.4, а профили фасонного проката на рисунке 3.5.

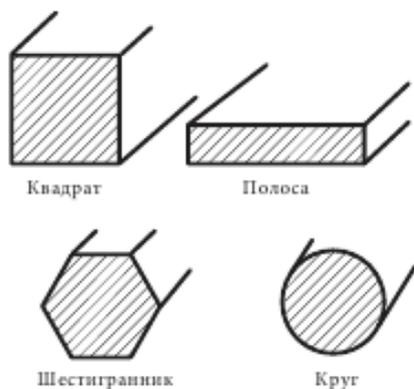


Рисунок 3.4 – Основные профили сортового проката

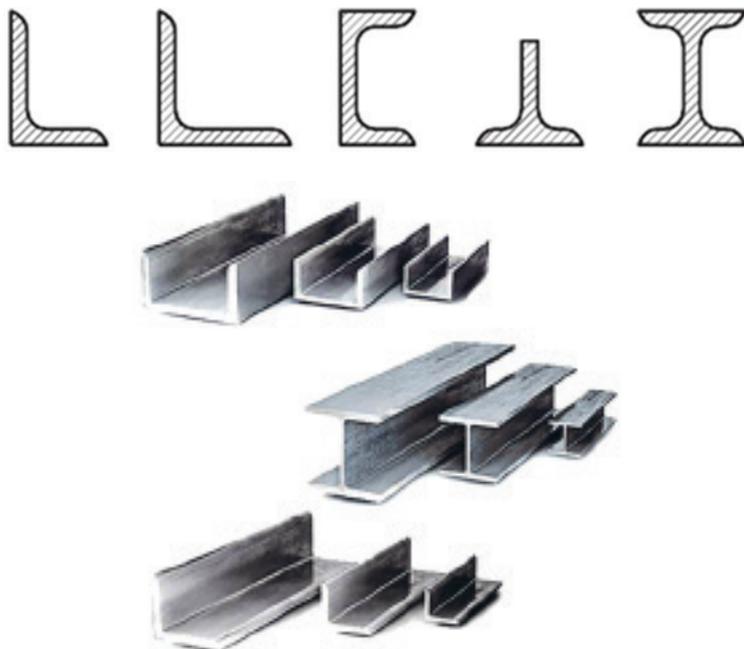


Рисунок 3.5 – Основные профили фасонного проката

### Источники

3.2.1 ГОСТ 23118-2019. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2020. – 36 с.

3.2.2 ГОСТ 27772-15 ГОСТ 27772-2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 162 с.

3.2.3 ГОСТ Р 58389-2019 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для сталежелезобетонных конструкций.

Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2020. – 36 с.

3.2.4 СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*. – М.: Стандартинформ, 2017. – 146 с. URL: <http://sniprf.ru/sp16-13330-2017>

3.2.5 Проектирование металлических конструкций. Часть 1: «Металлические конструкции. Материалы и основы проектирования»: учебник для вузов / С.М. Тихонов, В.Н. Алехин, З.В. Беляева и др.; под общ. ред. А.Р. Туснина. – М.: Изд-во «Перо», 2020. – 468 с.

3.2.6 Справочные данные для расчета стальных конструкций. АРСС-ТС. URL:<https://www.steel-development.ru>

3.2.7 Семёнов В.С. Металлические конструкции. Нормативные и справочные материалы для курсового проектирования и выполнения выпускной квалификационной работы: учебно-методическое пособие / В.С. Семёнов, Т.В. Токарская, А.В. Токарский. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2019. – 208 с.

3.2.8 Общая классификация и обозначение металлов и сплавов: метод. указания для самостоятельной работы / сост. Т.Ю. Малеткина. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2015. – 40 с.

### **3.3 Материалы для деревянных конструкций (СП 64.13330.2017, ГОСТ 33080-2014, ГОСТ 20850-2014)**

Термины и определения понятий в области деревянных конструкций, используемые в нормативных документах (ГОСТ Р 56705-2015) и пособиях.

#### **Материалы**

*Древесина* – совокупность тканей в стволах и ветвях деревьев между корой и сердцевиной. Подразделяется на цельную и клееную.

*Слоистая клееная древесина.* Древесный материал, полученный склеиванием между собой листов лущеного шпона или с применением внутренних слоев, состоящих из других тонких листовых материалов (тонких древесно-стружечных плит, древесно-волокнистых плит, резины, асбеста, рек (столярная плита) и др.).

**Шпон** – тонкие древесные полотна, которые в зависимости от применяемых технологий и способов распиловки бревен подразделяются на: лущеный, строганый и пиленный.

**Пиленая продукция** – продукция из цельной древесины, получаемая в результате продольного деления бревна на части, продольного и поперечного раскроя полученных частей.

**Пиломатериалы конструкционные.** Пиломатериалы с нормированными значениями их прочности, модуля упругости, а также плотности древесины, используемые в качестве цельных элементов или слоев клееных несущих конструкций.

**Класс прочности.** Показатель качества конструкционных пиломатериалов, соответствующий установленным нормированным величинам прочности, модуля упругости и плотности цельной древесины.

**Нормативная прочность.** Минимальная величина прочности, установленная с обеспеченностью 0,95 для статистического ее распределения, полученного по результатам машинных испытаний партии образцов пиломатериалов продолжительностью  $300 \pm 120$  с, а также с учетом количества испытанных образцов и приведения прочности к влажности пиломатериалов 12 %.

**Визуальная сортировка.** Метод сортировки, при котором пиломатериалы посредством визуального контроля их свойств разделяются на классы прочности.

**Машинная сортировка.** Метод сортировки, при котором пиломатериалы посредством сортирующей машины разделяются на классы прочности. При этом отдельные свойства пиломатериалов могут ограничиваться визуально.

## Конструкции

**Конструкция деревянная, ДК.** Элемент здания или другого строительного сооружения из цельной древесины, выполняющий определенные несущие, ограждающие и/или эстетические функции.

**Конструкция деревянная клееная, КДК.** Элемент здания или строительного сооружения из клееной древесины, выполняющий

определенные несущие, ограждающие и/или эстетические функции.

**Конструкция деревянная клееная несущая.** Конструкция, воспринимающая основные нагрузки и обеспечивающая прочность, жесткость, и устойчивость здания или сооружения.

**Гнутоклееная конструкция.** Клееная деревянная конструкция с криволинейным расположением слоев по длине или на части длины.

**Дощатая конструкция с соединениями на металлических зубчатых пластинах.** Конструкция с соединением элементов из пиломатериалов толщины по длине и/или ширине и в узлах под различными углами при помощи накладных металлических зубчатых пластин.

**Клеефанерная конструкция.** Конструкция из слоистой клееной древесины (фанеры), состоящей из склеенных между собой семи и более листов лущеного шпона с заданным направлением волокон древесины в смежных слоях.

**Композитная деревобетонная конструкция.** Строительная конструкция, состоящая из деревянного и бетонного элементов, объединенных в совместную работу.

**Металлодеревянная конструкция.** Строительная конструкция, состоящая из деревянных и металлических частей различного назначения, функционально связанных друг с другом (например, ферма с деревянными поясами и металлическими растянутыми раскосами).

### 3.3.1 Древесина

Древесина – экологически чистый материал, хорошо сопротивляется статическим и динамическим нагрузкам, легкий и, в то же время, прочный материал. На сжатие вдоль волокон по прочности древесина не уступает бетону, а при изгибе – значительно превосходит его. Благодаря высокой пористости (30...80 %), древесина имеет малую теплопроводность (0,16...0,30 Вт/м·°С). Она легко поддается механической обработке, хорошо склеивается, удерживает металлические крепления (гвозди, шурупы, скобы).

Основными характеристиками физико-механических свойств древесины являются объемный вес, влажность, теплопроводность, сопротивляемость химическим и атмосферным воздействиям (физические свойства), а также сопротивляемость действию внешних сил (механические свойства).

Основой для изготовления всех видов деревянных конструкций служат пиломатериалы, которые разделяются на обрезные, необрезные, доски, бруски и брусья (рисунок 3.6).

Для несущих деревянных конструкций применяются, в основном, пиломатериалы хвойных пород: сосны и ели. Во временных сооружениях и второстепенных конструкциях (лесах, подмостях, основаниях под кровлю, обшивках стен и перегородках, вышках, заборах и пр.) используются и лиственные породы; ясень, клен, граб, акация, береза, осина, ольха, тополь. В конструкциях построечного изготовления, особенно в лесных районах, применяется древесина в виде оцилиндрованного бруса диаметром до 30 см, длиной от 3 до 6,5 м.

**Строительная фанера** изготавливается из древесных шпонов – пластин, толщиной от 1 до 12 мм, отличающихся способом



Рисунок 3.6 – Пиломатериалы. Классификация

производства и породы дерева, склеиваемых синтетическими клеями. Для изготовления шпона используется древесина лиственных пород – березы, ольхи, ясеня, липы.

*Марки фанеры.* ФСФ – фанера на смоляном фенолформальдегидном клее; ФКД – на карбамидном клее; бакелизированная ФБС – на спирторастворимых смолах.

*Древесные плиты.* Плиты получают на основе волокон (древесно-волокнистые – ДВП и стружек (древесностружечные – ДСП, ЦСИ, ОСП), пропитанных смолами, портландцементом, с последующим прессованием. Применяются в обшивках покрытий и стеновых ограждений, в стенах и перегородках.

*Синтетические клеи.* При изготовлении деревянных конструкций, работающих в нормальных условиях, используют клеи: ФР-12 (резорциновый), 9Рф-50 (фенольнорезорциновый), ФР-100 и ДФК-ТАМ (алкилрезорциновые), ЛФК-14Р (фенолалгидрезорциновый). В конструкциях, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности, применяются клеи марок КС-В-СК (карбамидно-меламиновый) и КФЖ, ФББЖ (карбамидные).

### 3.3.2 Физико-механические характеристики

Физические свойства древесины приведены в таблице 3.7.

**Классы прочности.** Согласно ГОСТ 33080-2014, пиломатериалы должны соответствовать одному из следующих классов прочности: С14, С16, С18, С 20, С22, С24, С27, С30, С35, С40, С45 и С50, установленных при испытаниях на изгиб, или Т8, Т10, Т11, Т12, Т13, Т14, Т16, Т18, Т21, Т24, Т27 и Т30, установленных при испытаниях на растяжение вдоль волокон древесины. Пиломатериалы марок «С» рекомендуется использовать преимущественно для цельнодеревянных несущих конструкций, а марок «Т» – в качестве слоев многослойных клееных конструкций наряду с классами марок «С» – в качестве слоев многослойных клееных конструкций наряду с классами марок «С».

Классы прочности отличаются нормативными значениями физико-механических свойств пиломатериалов: прочности и модуля упругости при изгибе для классов марок «С», а для марок

Таблица 3.7 – Физические свойства древесины (среднее значение)

Порода древесины	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		условная	Коэффициенты усушки (числитель) и разбухания (знаменатель), %		
	при 12%-й влажности	в абсолютно сухом состо- янии		объемных	радиальных	тангенци- альных
Береза	630	600	500	0,54/0,64	0,26/0,28	0,31/0,34
Бук	670	640	530	0,47/0,55	0,17/0,18	0,32/0,35
Дуб черешчатый	690	650	550	0,43/0,50	0,18/0,19	0,27/0,29
Ель	445	420	360	0,43/0,50	0,16/0,17	0,28/0,31
Липа	495	470	400	0,49/0,58	0,22/0,23	0,30/0,33
Лиственница	660	630	520	0,52/0,61	0,19/0,20	0,35/0,39
Ольха	520	490	420	0,43/0,49	0,16/0,17	0,28/0,30
Осина	495	470	400	0,41/0,47	0,14/0,15	0,28/0,30
Пихта кавказская	435	410	350	0,46/0,54	0,17/0,18	0,31/0,34
Пихта сибирская	375	350	300	0,39/0,44	0,11/0,11	0,28/0,31
Сосна кедровая	435	410	350	0,37/0,42	0,12/0,12	0,26/0,28
Сосна обыкновенная	500	470	400	0,44/0,51	0,17/0,18	0,28/0,31

«Т» – при растяжении вдоль волокон, а также плотности древесины. Числовая величина в обозначении класса соответствует значению прочности, МПа, при изгибе «на кромку» образца сечением 50(б) × 150(в) мм или растяжении по ГОСТ 21554.5. Показатели прочности должны соответствовать величинам при влажности древесины 12 %.

Механические свойства древесины приведены в таблице 3.8.

Нормативные значения свойств установленных классов прочности приведены в таблицах 3.3 и 3.4. Нормативные значения определяющих свойств

для пиломатериалов марок «С» приведены в таблице 3.9.

Нормативные значения определяющих свойств для пиломатериалов марок «Т» приведены в таблице 3.10.

Дополнительные значения свойств пиломатериалов при других видах напряженного состояния для принятых классов – в рекомендуемом приложении А ГОСТ 21554.5.

Классы прочности должны быть определены путем сплошного контроля качества пиломатериалов по одному из методов:

- визуальной сортировкой пиломатериалов по нормированным ограничениям видимых пороков и строения древесины;
- прогнозирования прочности по одному или нескольким измеряемым параметрам физико-механических свойств пиломатериалов;
- комбинированного сочетания вышеуказанных методов.

Таблица 3.8 – Механические свойства древесины

Порода древесины	Влажность, %	Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup> , при						Твердость, кгс/см <sup>2</sup>			Модуль упругости, тыс. кгс/см <sup>2</sup>
		сжатия вдоль волокон	статическом изгибе	растяжении вдоль волокон	скальванию вдоль волокон		Ударная вязкость, кгс м/см <sup>3</sup>	топцовая	радиальная	тангенциальная	
					радиальном	тангенциальном					
Береза	12	550	1095	1680	93	112	0,95	465	370	330	146
	30 и более	224	597	1267	50	59	0,80	276	219	196	ПО
Бук	12	555	1088	1230	116	145	0,82	610	435	445	128
	30 и более	259	646	926	70	89	0,70	363	257	263	92
Дуб черешчатый	12	575	1075		102	122	0,78	675	560	490	107
	30 и более	311	678	-	76	90	0,66	400	333	290	71
Ель	12	445	795	1030	69	68	0,40	260	180	180	99
	30 и более	196	439	788	41	44	0,34	122	85	86	63
Ли́па	12	455	880	1210	86	81	0,59	260	170	180	93
	30 и более	242	542	912	56	50	0,50	153	102	106	57
Лиственница	12	645	1115	1250	99	94	0,53	435	290	290	146
	30 и более	253	617	964	63	58	0,44	204	137	138	110
Ольха	12	440	805	1010	81	100	0,53	400	275	280	97
	30 и более	236	494	758	52	63	0,44	240	162	172	61
Осина	12	425	780	1255	63	86	0,86	265	190	205	115
	30 и более	192	454	946	36	50	0,74	157	114	119	79
Сосна -	12	485	860	1035	75	73	0,42	285	240	250	125
обыкновенная	30 и более	212	495	792	43	45	0,36	135	112	115	89

Таблица 3.9 – Нормативные значения определяющих свойств для пиломатериалов марок «С»

Наименование свойства	Обозначение свойства	Значения свойства для классов прочности	Значения свойства для классов прочности											
			C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Нормативное значение прочности при изгибе, 5%-й квантиль, МПа	$R_{т,н}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	
Среднее значение модуля упругости при изгибе, ГПа	$E_{д,ср}$	6,3	7	7.8	8.5	9.3	10	10,9	12.1	13.9	15.7	17.5	19.2	
Нормативное значение модуля упругости, 5%-й квантиль, ГПа	$E_{0,м}$	4.2	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.3	8.1	9.3	10.5	11.7	12.9	
Нормативное значение плотности, 5%-й квантиль, кг/м <sup>3</sup>	$\Gamma_n$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	
Среднее значение плотности, кг/м <sup>3</sup>	$\Gamma_{ср}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	540	580	

Таблица 3.10 – Нормативные значения определяющих свойств для пиломатериалов марок «Г»

Наименование свойства	Обозначение свойства	Значения свойства для классов прочности:												
		T8	T10	T11	T12	T13	T14	T16	T18	T21	T24	T27	T30	
Нормативное значение прочности при растяжении. 5%-й квантиль, МПа	R**	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	
Среднее значение модуля упругости при изгибе. ГПа	E <sub>0</sub> ср	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	13.5	15	15.5	
Нормативное значение модуля упругости при растяжении. 5%-й квантиль, ГПа	Ей-	4.6	5.3	5.9	6.3	6.6	7.2	7.6	7.9	8.6	8.9	9.9	10.2	
Нормативное значение плотности. 5%-й квантиль, кг/м <sup>3</sup>	г.	290	310	320	330	340	350	370	380	390	400	410	430	
Среднее значение плотности, кг/м <sup>3</sup>	Гер	350	375	385	395	410	420	445	460	470	480	495	520	

### 3.3.3 Расчетные характеристики

При проектировании деревянных конструкций используют не классы прочности, а расчетные сопротивления древесины, которые зависят (определяются с учетом) от её влажности, класса функционального назначения, длительности загрузки, коэффициентов условий работ.

В соответствии с СП 64.13330.2017 (3.3.7), расчетные сопротивления древесины сосны, ели и лиственницы европейской, отсортированной по сортам, следует определять по формуле

$$R_p = R^A \cdot m_{от} \cdot Пm_i \quad (3.1)$$

где  $R^A$  – расчетное сопротивление древесины, МПа, приведенное в таблице 3 [3.3.7], влажностью 12 % для режима нагружения А, согласно таблице 4 [3.3.7], в сооружениях 2-го класса функционального назначения, согласно приложению А, таблице А3 [3.3.7], при сроке эксплуатации не более 50 лет;

$m_{от}$  – коэффициент длительной прочности, соответствующий режиму длительности загрузки (таблица 4 [3.3.7]);

$Пm_i$  – произведение коэффициентов условия работ (п. 6.9) [3.3.7].

Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливают путем умножения величин, приведенных в таблице 3 [3.3.7], на переходные коэффициенты  $mП$ , указанные в таблице 5 [3.3.7].

#### Коэффициенты условия работы

При определении расчетного сопротивления в соответствующих случаях следует применять коэффициенты условий работы:

а) для различных условий эксплуатации конструкции – коэффициент, указанный в таблице 9 [3.3.7].

Класс условий эксплуатации определяется по таблице 1 [3.3.7] (по известной влажности). Дополнительные характеристики условий эксплуатации, кроме влажности по классам ДК, приведены в таблице А2 приложения А [3.3.7];

б) для конструкций, эксплуатируемых при установившейся температуре воздуха до  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , – на коэффициент  $mT = 1$ ; при температуре  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  – на коэффициент 0,8; для промежуточных значений температуры коэффициент принимается по интерполяции;

в) для изгибаемых, внецентренно-сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов прямоугольного сечения высотой более 50 см значения расчетных сопротивлений изгибу и сжатию вдоль волокон – на коэффициент  $mb$ , указанный в таблице 10 [3.3.7];

г) для растянутых элементов с ослаблением в расчетном сечении и изгибаемых элементов из круглых лесоматериалов с подрезкой в расчетном сечении – на коэффициент  $mo = 0,8$ ;

д) для элементов, подвергнутых глубокой пропитке антипиренами под давлением, коэффициент  $ma = 0,9$ ;

е) для изгибаемых, внецентренно-сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов, в зависимости от толщины слоев, значения расчетных сопротивлений изгибу, скалыванию и сжатию вдоль волокон – на коэффициент  $mCЛ$ , указанный в таблице 11 [3.3.7];

ж) для гнутых элементов конструкций значения расчетных сопротивлений растяжению, сжатию и изгибу – на коэффициент  $mГН$ , указанный в таблице 12 [3.3.7];

и) в зависимости от срока службы – на коэффициент  $mC.C$ , указанный в таблице 13 [3.3.7];

к) для смятия поперек волокон при режимах нагружения Г – К (таблица 4) – на  $mC.M = 1,15$ .

По функциональному назначению деревянные конструкции (ДК) подразделяют на классы, с учетом уровня ответственности зданий и сооружений согласно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований».

Сравнивая общую характеристику зданий по классам, видим, что *первый класс* ДК соответствует по характеристике классу сооружений КС-3 по ГОСТ 27751-2014 (таблица 2 [3]), уникальные здания и здания с массовым пребыванием людей, для которых

минимальное значение коэффициента надежности по ответственности  $gn = 1,1$ .

*Второй класс* ДК включает массовые жилые, гражданские и производственные здания и соответствует нормальному уровню ответственности КС-2 с  $gn = 1$ .

*Третий класс* ДК – это временные здания и сооружения со сроком службы до 10 лет, соответствует классу КС-1 с  $gn = 0,8$ .

Окончательное значение расчетного сопротивления определяется с учетом всех имеющих место быть коэффициентов. Для каждого конкретного случая выбираются необходимые коэффициенты.

Совместное действие нескольких факторов учитывается соответствующими коэффициентами условий работы:

$$R^p = R^A \cdot m_{дл} \cdot m_{II} \cdot m_g \cdot m_T \cdot m_\sigma \cdot m_0 \cdot m_{сл} \cdot m_{ГН} \cdot m_a \cdot m_{с.с} \cdot m_{ем} / \gamma_n. (3.2)$$

Здесь  $R^p$  – расчетное сопротивление древесины с учетом эксплуатационных факторов, срока службы и класса по ответственности сооружения;

$R^A$  – базовое расчетное значение по таблице 3 [3.3.7].

### **Расчетный модуль упругости древесины**

Расчетный модуль упругости (модуль сдвига) древесины и древесных материалов при расчете по предельным состояниям 2-й группы ЕП (GII) вычисляется по формуле

$$E^{II} (G^{II}) = E_{ср} (G_{ср}) \cdot m_{дл,Е} \cdot \Pi m_i, (3.3)$$

где  $E_{ср}$  – средний модуль упругости при изгибе, МПа, согласно приложению В [3.3.7], таблице В3;

$m_{дл,Е}$  – коэффициент для упругих характеристик, для режима нагружения Б (таблица 4 [3.3.7]) принимают равным 0,8; для остальных режимов нагружения – 1;

$\Pi m_i$  – произведение коэффициентов условия работ ( $m_b$ ,  $m_T$ ,  $m_{с.с}$ ) [6.9а), 6.9б) и 6.9и)] [3.3.7].

### Пример [3.3.8]

Требуется определить расчетное сопротивление растяжению вдоль волокон бруса из березы 2-го сорта 2-этажного здания, находящегося в нормальной зоне влажности.

#### Решение:

1. По таблице 3 [3.3.7] определяем базовое расчетное сопротивление сосны 2-го сорта по п. 2а:  $R_p^A = 10,5 \text{ МПа}$ .

2. Коэффициент  $m_{ДЛ}$  определяем по таблице 4 [3.3.7] при режиме загрузки «В» от совместного действия постоянной и кратковременной снеговой нагрузок, так как брус находится на кровле дома:  $m_{ДЛ} = 0,66$ .

3. Поскольку таблица 3 [3.3.7] составлена для сосны и ели, то остальные породы древесины корректируется по прочности с помощью коэффициента 1,1  $m =$  для березы, работающей на растяжение (таблица 5 [3.3.7]).

4. Коэффициент  $m_v$  определяется по таблице 9 [3.3.7] при известной влажности древесины или, как в нашем случае, по дополнительным характеристикам условий эксплуатации по таблице А2 приложения А [3.3.7], под навесом в нормальной зоне влажности  $m_v = 0,85$  для 3-го класса по таблице 9 [3.3.7].

5. Учет ослаблений сечения в растянутом элементе производим согласно п. 6.9г [3.3.7]:  $m_o = 0,8$ .

6. Учет срока службы производится по таблице 13 [3.3.7]. Примерные сроки службы сооружений приведены в таблице А.3 приложения А [3.3.7]. Двухэтажное здание относится к массовым сооружениям сроком службы, равным 50 лет, поэтому  $m_{c.c} = 1$ .

7. Согласно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» (таблица 13) рассматриваемое здание относится ко второму (нормальному) уровню ответственности КС-2, включающему массовые жилые, гражданские и производственные здания, с коэффициентом

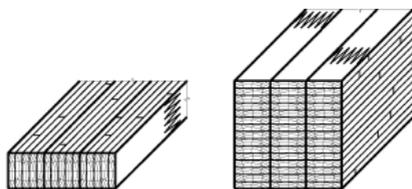
$$R^p = R^A \cdot m_{ДЛ} \cdot m_{П} \cdot m_v \cdot m_T \cdot m_{\sigma} \cdot m_0 \cdot m_{сн} \cdot m_{ГН} \cdot m_a \cdot m_{c.c} \cdot m_{em} / \gamma_n = \\ = 10,5 \cdot 0,66 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1 / 1 = 5,18 \text{ МПа} (51,8 \text{ кг} / \text{см}^2).$$

Определение расчетных характеристик древесины при изгибе, сжатии, смятии и скалывании вдоль и поперек волокон, а также элементов из клееной древесины производится по требованиям и формулам СП 64.13330.2017.

### 3.3.4 Конструкции деревянные клееные

В ГОСТ 20850-2014 приведены следующие термины с соответствующими определениями:

- *блок*. Пакет из многослойных элементов, склеенных между собой по высоте или по ширине;

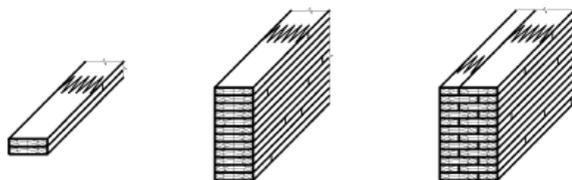


- *гнуто-клееный деревянный элемент*. Многослойный деревянный клееный элемент с криволинейными по длине клеевыми прослойками, имеющий хотя бы на одном участке стрелу изгиба более 1 %;
- *деревянный клееный элемент*. Совокупность соединенных клеевой прослойкой слоев древесины.
- *доска*. Пиломатериал толщиной до 100 мм, отношение ширины которого к его толщине более двух;



- *зубчатое соединение*. Стык по длине заготовок древесины (досок), создаваемый путем фрезерования клинообразных шипов на торцах заготовок, которые затем склеиваются между собой;

- *класс прочности.* Показатель качества конструкционных пиломатериалов или деревянных клееных элементов, соответствующий установленным нормированным величинам прочности, модуля упругости и плотности древесины;
- *клеевое соединение.* Соединение с помощью клеевой прослойки, расположенной между склеиваемыми поверхностями;
- *конструкция деревянная клееная, (КДК).* Элемент здания или другого строительного сооружения из клееной древесины, выполняющий определенные несущие, ограждающие и/или эстетические функции;
- *конструкция деревянная клееная несущая.* Конструкция, воспринимающая основные нагрузки и обеспечивающая прочность, жесткость, и устойчивость здания или сооружения;
- *многослойный деревянный клеёный элемент.* Элемент, состоящий из четырех и более слоев древесины или однослойных клееных деревянных элементов, соединенных между собой по пласти клеевой прослойкой



- *однослойный деревянный клеёный элемент.* Элемент, состоящий из склеенных по длине и/или по ширине деревянных заготовок;



- *прочность клеевого соединения.* Отношение механической нагрузки, при которой произошло разрушение клеевого соединения, к его площади.

- *расчетная эксплуатационная влажность древесины.* Средняя равновесная влажность древесины в условиях эксплуатации конструкций;
- *слой.* Составная часть двух-, трех- или многослойного деревянного клееного элемента в виде заготовки (доски) или однослойного клееного деревянного элемента;
- *сорт пиломатериалов.* Качественный показатель древесины, определяемый наличием и величиной имеющихся пороков;
- *стойкость клевого соединения.* Способность клевого соединения сохранять нормируемую прочность после переменных температурно-влажностных воздействий;
- *условия эксплуатации (режим эксплуатации).* Температурно-влажностный режим, в котором эксплуатируется конструкция;
- *функциональное назначение конструкций.* Показатель, определяющий класс клееных деревянных конструкций, исходя из учета ответственности зданий и сооружений, для которых они используются, в соответствии с ГОСТ 27751.

### **Классификация**

Клееные деревянные конструкции (далее – КДК) изготавливают в соответствии с требованиями стандартов на конкретные виды конструкций и/или технических условий (ТУ) для отдельных групп конструкций.

При изготовлении и применении клееных деревянных конструкций следует учитывать принятую классификацию конструкций по основным признакам:

- функциональному назначению;
- условиям эксплуатации;
- прочности и жесткости;
- качеству поверхности.

Расчетные характеристики клееной древесины от большого количества признаков. Они приведены в ГОСТ и сводах правил (см. список источников).

## Источники

3.3.1 ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2007. – 7 с.

3.3.2 ГОСТ Р 56705-2015. Конструкции деревянные для строительства. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2016. – 8 с.

3.3.3 ГОСТ 33080-2014. Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения. – М.: Стандартиформ, 2016. – 14 с.

3.3.4 ГОСТ Р 58561-2019. Конструкции деревянные. Термически модифицированная древесина. Физико-механические и эксплуатационные свойства. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2019. – 12 с.

3.3.5 ГОСТ 34034-2016. Древесина слоистая клееная. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2017. – 8 с.

3.3.6 ГОСТ 20850-2014. Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2015. – 15 с.

2.2.7 СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции». Госстрой России. – М.: Стандартиформ, 2017. – 96 с.

2.2.8 Деревянные конструкции. Примеры расчета элементов: учебно-методическое пособие / Г.Н. Шмелёв, М.А. Дымолазов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архит.-строит. ун-та, 2018. – 96 с.

## 3.4. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций

Некоторые термины, связанные со свойствами материалов для бетонных и железобетонных конструкций:

**Конструкции бетонные** – конструкции, выполненные из бетона без арматуры или с арматурой, устанавливаемой по конструктивным соображениям и не учитываемой в расчете.

**Конструкции железобетонные** – конструкции, выполненные из бетона с рабочей и конструктивной арматурой (армированные бетонные конструкции); расчетные усилия от всех воздействий в железобетонных конструкциях должны быть восприняты бетоном и рабочей арматурой.

**Марка бетона по водонепроницаемости;  $W$**  – показатель проницаемости бетона, характеризующийся максимальным давлением воды, при котором в условиях стандартных испытаний вода не проникает через бетонный образец.

**Марка бетона по морозостойкости;  $F$**  – минимальное число циклов замораживания и оттаивания образцов бетона, испытанных по стандартным базовым методам, при которых сохраняются их первоначальные физико-механические свойства в нормируемых пределах.

**Марка бетона по самонапряжению;  $S_p$**  – значение предварительного напряжения в бетоне, МПа, создаваемого в результате его расширения при коэффициенте продольного армирования  $\mu = 0,01$ .

**Марка бетона по средней плотности;  $D$**  – значение плотности, кг/м<sup>3</sup>, бетонов, к которым предъявляются требования по теплоизоляции.

**Морозостойкость бетона** – способность бетона сохранять физико-механические свойства при многократном переменном замораживании и оттаивании, регламентируется маркой по морозостойкости  $F$ .

**Плотность бетона** – характеристика бетона, равная отношению его массы к объему, регламентируется маркой по средней плотности  $D$ .

**Проницаемость бетона** – свойство бетона пропускать через себя газы или жидкости при наличии градиента давления (регламентируется маркой по водонепроницаемости  $W$ ), либо обеспечивать диффузионную проницаемость растворенных в воде веществ в отсутствие градиента давления (регламентируется нормируемыми значениями плотности тока и электрического потенциала).

**Самонапряжение бетона** – напряжение сжатия, возникающее в бетоне конструкции при твердении в результате расширения цементного камня в условиях ограничения этому расширению, регламентируется маркой по самонапряжению  $S_p$ .

### 3.4.1 Бетоны

Для бетонных и железобетонных конструкций, проектируемых в соответствии с действующими нормами, предусматриваются следующие конструкционные бетоны:

- тяжелый, в т. ч. напрягающий средней плотности от 2200 до 2500 кг/м<sup>3</sup> включительно;
- мелкозернистый средней плотности от 1800 до 2500 кг/м<sup>3</sup> включительно;
- легкий средней плотности от 800 до 2000 кг/м<sup>3</sup> включительно;
- ячеистый средней плотности от 500 до 1200 кг/м<sup>3</sup> включительно.

Основными нормируемыми и контролируемым показателями качества бетона являются:

- класс по прочности на сжатие  $B$ ;
- класс по прочности на осевое растяжение  $B_t$ ;
- марка по морозостойкости  $F$ ;
- марка по водонепроницаемости  $W$ ;
- марка по средней плотности  $D$ ;
- марка по самонапряжению  $S_p$ .

Класс бетона по прочности на сжатие  $B$  соответствует значению кубиковой прочности бетона на сжатие, МПа, с обеспеченностью 0,95 (нормативная кубиковая прочность).

Класс бетона по прочности на осевое растяжение  $B_t$  соответствует значению прочности бетона на осевое растяжение, МПа, с обеспеченностью 0,95 (нормативная прочность бетона).

Марка бетона по морозостойкости  $F$  соответствует числу циклов замораживания и оттаивания, при которых характеристики бетона обеспечиваются в нормируемых пределах.

Марка бетона по водонепроницаемости  $W$  соответствует максимальному значению давления воды, МПа $\cdot 10^{-1}$ , выдерживаемому бетонным образцом при испытании.

Марка бетона по средней плотности  $D$  соответствует среднему значению объемной массы бетона, кг/м<sup>3</sup>.

Марка напрягающего бетона по самонапряжению представляет собой значение предварительного напряжения в бетоне, МПа, создаваемого в результате его расширения при коэффициенте продольного армирования  $\mu = 0,01$ .

При необходимости устанавливают дополнительные нормируемые показатели качества бетона, связанные с теплопроводностью, огнестойкостью, деформацией усадки, ползучестью, выносливостью, тепловыделением, коррозионной стойкостью (как самого бетона, так и находящейся в нем арматуры), биологической защитой и другими требованиями, предъявляемыми к бетону конструкций (СП 50.13330, СП 28.13330).

Нормируемые показатели качества бетона обеспечиваются соответствующим составом бетона для конструкций и сооружений с учетом технологии его приготовления и производства бетонных работ. Нормируемые показатели качества бетона контролируются как при производстве бетона, так и непосредственно бетоноконструкций.

Необходимые нормируемые показатели качества бетона устанавливаются при проектировании бетонных и железобетонных конструкций в соответствии с расчетом и условиями изготовления и эксплуатации конструкций с учетом различных воздействий окружающей среды и защитных свойств бетона по отношению к принятому виду арматуры.

Класс бетона по прочности на сжатие  $B$  назначают для всех видов бетонов и конструкций.

Класс бетона по прочности на осевое растяжение  $B_t$  назначают в случаях, когда эта характеристика – главенствующая в работе конструкции и ее контролируют на производстве.

Марку бетона по морозостойкости  $F$  назначают для бетоноконструкций, подвергающихся воздействию переменного

замораживания и оттаивания, и устанавливают по первому базовому методу  $F_1$  и по второму базовому методу  $F_2$  в соответствии с действующими стандартами.

Марку бетона по водонепроницаемости  $W$  назначают для конструкций, к которым предъявляют требования по ограничению водопроницаемости.

Марку бетона по самонапряжению назначают для самонапряженных конструкций, когда эту характеристику учитывают в расчете и контролируют на производстве.

Для бетонных и железобетонных конструкций используются бетоны классов и марок, приведенных в таблицах 3.11–3.16 (таблицы 6.1–6.6 СП 63.13330.2018).

Проектный возраст бетона, т. е. возраст, в котором бетон должен приобрести все нормируемые для него показатели качества, назначают при проектировании, исходя из возможных реальных сроков загрузки конструкций проектными нагрузками с учетом способа возведения конструкций и условий твердения бетона. При отсутствии этих данных класс бетона устанавливают в проектном возрасте 28 суток.

Значение нормируемых показателей отпускной и передаточной прочности бетона в элементах сборных конструкций назначают в соответствии с действующими нормативными документами.

Для железобетонных конструкций применяют класс бетона по прочности на сжатие не ниже  $B15$ .

Для предварительно напряженных железобетонных конструкций класс бетона по прочности на сжатие принимают в зависимости от вида и класса напрягаемой арматуры, но не ниже  $B20$ . Для конструкций с натяжением арматуры на бетон принимают бетоны классов по прочности на сжатие не ниже  $B30$ .

Передаточную прочность бетона  $R_{bp}$  (прочность бетона к моменту его обжатия, контролируемая аналогично классу бетона по прочности на сжатие) назначают не менее 15 МПа и не менее 50 % принятого класса бетона по прочности на сжатие, а для конструкций с натяжением арматуры на бетон – не менее 70 % принятого класса бетона по прочности на сжатие.

Таблица 3.11 – Классы бетона по прочности на сжатие

Бетон	Классы бетона по прочности на сжатие	
Тяжелый бетон	B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B70; B80; B90; B100	
Напрягающий бетон	B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B70	
Мелкозернистый бетон групп:		
А – естественного твердения или подвергнутый тепловой обработке при атмосферном давлении	B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40	
Б – подвергнутый автоклавной обработке	B15; B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60	
Легкий бетон марок по средней плотности:		
D800, D900	B2,5; B3,5; B5; B7,5	
D1000, D1100	B2,5; B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5	
D1200, D1300	B2,5; B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20	
D1400, D1500	B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30	
D1600, D1700	B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40	
D1800, D1900	B15; B20; B25; B30; B35; B40	
D2000	B25; B30; B35; B40	
Ячеистый бетон марок по средней плотности:	автоклавный	неавтоклавный
D500	B1,5; B2; B2,5	-
D600	B1,5; B2; B2,5; B3,5	B1,5; B2
D700	B2; B2,5; B3,5; B5	B1,5; B2; B2,5
D800	B2,5; B3,5; B5; B7,5	B2; B2,5; B3,5
D900	B3,5; B5; B7,5; B10	B2,5; B3,5; B5
D1000	B7,5; B10; B12,5	B5; B7,5
D1100	B10; B12,5; B15; B17,5	B7,5; B10
D1200	B12,5; B15; B17,5; B20	B10; B12,5
Поризованный бетон марок по средней плотности:		
D800, D900, D1000	B2,5; B3,5; B5	
D1100, D1200, D1300	B7,5	
D1400	B3,5; B5; B7,5	
Примечание. Термины «легкий бетон» и «поризованный бетон» применяют соответственно для обозначения легкого бетона плотной структуры и легкого бетона поризованной структуры (со степенью поризации более 6 %).		

Таблица 3.12 – Класс бетона по прочности на осевое растяжение

Бетон	Класс бетона по прочности на осевое растяжение
Тяжелый, напрягающий, мелкозернистый бетоны	Bt0,8; Bt1,2; Bt1,6; Bt2,0; Bt2,4; Bt2,8; Bt3,2; Bt3,6; Bt4,0; Bt4,4; Bt4,8
Легкий бетон	Bt0,8; Bt1,2; Bt1,6; Bt2,0; Bt2,4; Bt2,8; Bt3,2

Таблица 3.13 – Марка бетона по морозостойкости

Бетон	Марка бетона по морозостойкости
Тяжелый, в том числе напрягающий и мелкозернистый бетоны	По первому базовому методу: F <sub>1</sub> 50, F <sub>1</sub> 75, F <sub>1</sub> 100, F <sub>1</sub> 150, F <sub>1</sub> 200, F <sub>1</sub> 300, F <sub>1</sub> 400, F <sub>1</sub> 500, F <sub>1</sub> 600, F <sub>1</sub> 800, F <sub>1</sub> 1000
	По второму базовому методу: F <sub>2</sub> 100, F <sub>2</sub> 150, F <sub>2</sub> 200, F <sub>2</sub> 300, F <sub>2</sub> 400, F <sub>2</sub> 500
Легкий бетон	По первому базовому методу: F <sub>1</sub> 25, F <sub>1</sub> 35, F <sub>1</sub> 50, F <sub>1</sub> 75, F <sub>1</sub> 100, F <sub>1</sub> 150, F <sub>1</sub> 200, F <sub>1</sub> 300, F <sub>1</sub> 400, F <sub>1</sub> 500, F <sub>1</sub> 600, F <sub>1</sub> 800, F <sub>1</sub> 1000
Поризованный бетон	По первому базовому методу: F <sub>1</sub> 50, F <sub>1</sub> 75, F <sub>1</sub> 100, F <sub>1</sub> 150, F <sub>1</sub> 200, F <sub>1</sub> 300, F <sub>1</sub> 400, F <sub>1</sub> 500
Ячеистый бетон	F15; F25; F35; F50; F75; F100

Таблица 3.14 – Марка бетона по водопроницаемости

Бетон	Марка бетона по водопроницаемости
Тяжелый, в т.ч. напрягающий, мелкозернистый бетоны	W2; W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20
Легкий бетон	W2; W4; W6; W8; W10; W12

Таблица 3.15 – Марка бетона по средней плотности

Бетон	Марка бетона по средней плотности
Легкий бетон	D800; D900; D1000; D1100; D1200; D1300; D1400; D1500; D1600; D1700; D1800; D1900; D2000
Поризованный бетон	D800; D900; D1000; D1100; D1200; D1300; D1400
Ячеистый бетон	D500; D600; D700; D800; D900; D1000; D1100; D1200

Таблица 3.16 – Марка бетона по самоупрочению

Бетон	Марка бетона по самоупрочению
Напрягающий бетон	$S_p 0,6; S_p 0,8; S_p 1; S_p 1,2; S_p 1,5; S_p 2; S_p 3; S_p 4$

Мелкозернистый бетон без специального экспериментального обоснования не допускается применять для железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию многократно повторяющейся нагрузки, а также для предварительно напряженных конструкций пролетом более 12 м при армировании проволоочной арматурой классов *B*, *Bp* и *K*.

Класс мелкозернистого бетона по прочности на сжатие, применяемого для защиты от коррозии и обеспечения сцепления с бетоном напрягаемой арматуры, расположенной в пазах и на поверхности конструкции, должен быть не ниже *B20*, а для инъекции каналов – не ниже *B25*.

Марку бетона по морозостойкости назначают в зависимости от условий работы конструкций в среде знакопеременных температур в соответствии с СП 28.13330.

Марку бетона по водонепроницаемости назначают в зависимости от условий эксплуатации и уровня воздействия агрессивных сред на бетон конструкций в соответствии с СП 28.13330.

Основными прочностными характеристиками бетона являются нормативные значения:

- сопротивления бетона осевому сжатию  $R_{b,n}$ ;
- сопротивления бетона осевому растяжению  $R_{bt,n}$ .

Нормативные значения сопротивления бетона осевому сжатию (призменная прочность) и осевому растяжению (при назначении класса бетона на прочность на сжатие) принимают в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие *B* согласно таблице 3.4.1. (таблица 6.7 СП 63.13330.2018).

При назначении класса бетона по прочности на осевое растяжение  $B_t$  нормативные значения сопротивления бетона осевому растяжению  $R_{bt,n}$  принимают равными числовой характеристике класса бетона на осевое растяжение.

Расчетные значения сопротивления бетона осевому сжатию  $R_b$  и осевому растяжению  $R_{bt}$  определяют по формулам:

$$R_b = \frac{R_{b,n}}{\gamma_b}; \quad (3.4.1)$$

$$R_{bt} = \frac{R_{bt,n}}{\gamma_{bt}}. \quad (3.4.2)$$

Значения коэффициента надежности по бетону при сжатии  $\gamma_b$  принимают равными:

- для расчета по предельным состояниям первой группы:  
1,3 – для тяжелого, мелкозернистого, напрягающего и легкобетон;

- для расчета по предельным состояниям второй группы – 1,0.

Значения коэффициента надежности по бетону при растяжении  $\gamma_{bt}$  принимают равными:

- для расчета по предельным состояниям первой группы при назначении класса бетона по прочности на сжатие:

- для расчета по предельным состояниям первой группы при назначении класса бетона по прочности на растяжение;

- для расчета по предельным состояниям первой группы при назначении класса бетона по прочности на сжатие и осевое растяжение;

- для расчета по предельным состояниям первой группы при назначении класса бетона по прочности на сжатие и осевое растяжение;

- для расчета по предельным состояниям первой группы при назначении класса бетона по прочности на сжатие и осевое растяжение;

- для расчета по предельным состояниям второй группы.

Расчетные значения сопротивления бетона  $R_b$ ,  $R_{bt}$ ,  $R_{b,ser}$ ,  $R_{bt,ser}$  (с округлением) в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие и осевое растяжение приведены: в таблицах 6.8, 6.9 СП 63.13330.2018 – для предельных состояний первой группы (таблицы 3.18 и 3.19 пособия), в таблице 6.7 СП 63.13330.2018 – второй группы (таблица 3.17 пособия).



Таблица 3.18 – Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные сопротивления бетона $R_{b, R_{bT}}$ , МПа, для предельных состояний первой группы при классе бетона по прочности на сжатие																					
		B1,5	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Сжатие осевое (применная прочность) $R_b$	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	—	—	—	2,1	2,8	4,5	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0	37,0	41,0	44,0	47,5
	Легкий	—	—	1,5	2,1	2,8	4,5	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Расстяжение осевое $R_{bt}$	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	0,95	1,3	1,6	2,2	3,1	4,6	6,0	7,0	7,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Легкий	—	—	—	0,26	0,37	0,48	0,56	0,66	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,10	2,15	2,20
	Тяжелый	0,09	0,12	0,14	0,18	0,24	0,28	0,39	0,44	0,46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Легкий	—	—	—	0,20	0,26	0,37	0,48	0,56	0,66	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	—	—	—	—	—	—	—
	Тяжелый	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Легкий	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания

- 1 Значения сопротивлений приведены для ячеистого бетона средней влажностью 10 %.
- 2 Для мелкозернистого бетона на песке с модулем крупности 2,0 и менее, а также для легкого бетона на мелком пористом заполнителе значения расчетных сопротивлений  $R_{bt}$  следует принимать с умножением на коэффициент 0,8.
- 3 Для поризованного бетона, а также для керамзитоперлитобетона на вступленном перлитовом песке значения расчетных сопротивлений  $R_{bt}$  следует принимать как для легкого бетона с умножением на коэффициент 0,7.
- 4 Для напрягающего бетона значения  $R_{bt}$  следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.
- 5 Для тяжелых бетонов классов B70—B100 расчетные значения сопротивления осевому сжатию  $R_b$  и осевому растяжению  $R_{bt}$  приняты с учетом дополнительного понижающего коэффициента  $\gamma_{b,br}$ , учитывающего увеличение хрупкости высокопрочных бетонов в связи с уменьшением деформаций ползучести и равного  $\gamma_{b,br} = \frac{360 - B}{300}$ , где B — класс бетона по прочности на сжатие.

Таблица 3.19 – Расчетные значения сопротивления бетона для предельных состояний первой группы

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные значения сопротивления бетона для предельных состояний первой группы $R_{bt}$ МПа, при классе бетона по прочности на осевое растяжение						
		$B_0,8$	$B_{1,2}$	$B_{1,6}$	$B_{2,0}$	$B_{2,4}$	$B_{2,8}$	$B_{3,2}$
Растяжение осевое	Тяжелый, мелкозернистый, напрягающий и легкий	0.62	0.93	1.25	1.55	1.85	2.15	2.45

В необходимых случаях расчетные значения прочностных характеристик бетона умножают на следующие коэффициенты условий работы  $\gamma_{bi}$ , учитывающие особенности работы бетона в конструкции (характер нагрузки, условия окружающей среды и т. д.):

а)  $\gamma_{b1}$  – для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений  $R_b$  и  $R_{bt}$  и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

$\gamma_{b1} = 1,0$  – при действии всех нагрузок, включая кратковременные нагрузки;

$\gamma_{b1} = 0,9$  (для ячеистых и поризованных бетонов  $\gamma_{b1} = 0,85$ ) – при действии только постоянных и длительных нагрузок;

б)  $\gamma_{b2}$  – для бетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивления  $R_b$  и учитывающий характер разрушения таких конструкций,  $\gamma_{b2} = 0,9$  ;

в)  $\gamma_{b3}$  – для бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых в вертикальном положении при высоте слоя бетонирования более 1,5 м, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона  $R_b$ ,  $\gamma_{b3} = 0,85$  ;

г)  $\gamma_{b4}$  – для ячеистых бетонов, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона  $R_b$  :

$\gamma_{b4} = 1,0$  – при влажности ячеистого бетона 10 % и менее;

$\gamma_{b4} = 0,85$  – при влажности ячеистого бетона более 25 %;  
д) по интерполяции – при влажности ячеистого бетона более 10 % и менее 25 %.

**Основными деформационными характеристиками бетона являются значения:**

- предельных относительных деформаций бетона при осевом сжатии и растяжении (при однородном напряженном состоянии бетона)  $\varepsilon_{b0}$  и  $\varepsilon_{bt0}$ ;
- начального модуля упругости  $E_b$ ;
- модуля сдвига  $G$ ;
- коэффициента (характеристики) ползучести  $\varphi_{b,cr}$ ;
- коэффициента поперечной деформации бетона (коэффициента Пуассона)  $\nu_{b,P}$ ;
- коэффициента линейной температурной деформации бетона  $a_{bt}$ .

Значения предельных относительных деформаций тяжелого, мелкозернистого и напрягающего бетонов принимают равными:

- при непродолжительном действии нагрузки:  
 $\varepsilon_{b0} = 0,002$  при осевом сжатии;  
 $\varepsilon_{bt0} = 0,0001$  при осевом растяжении;
- при продолжительном действии нагрузки – по таблице 6.10 СП в зависимости от относительной влажности воздуха окружающей среды.

Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении принимают в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие  $B$  согласно таблице 3.20 (таблица 6.11 СП 63.13330.2018). Значения модуля сдвига бетона принимают равным  $0,4E_b$ .

При продолжительном действии нагрузки значение модуля деформаций бетона определяют по формуле

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}}, \quad (3.4.)$$

где  $\varphi_{b,cr}$  – коэффициент ползучести бетона, принимаемый согласно 6.1.16 СП 63.13330.2018.

Таблица 3.20 — Значения начального модуля упругости бетона

Бетон	Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении $E_b$ , МПа · 10 <sup>-3</sup> , при классе бетона по прочности сжатия																						
	B1,5	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100	
Тяжелый	—	—	—	9,5	13,0	16,0	19,0	21,5	24,0	27,5	30,0	32,5	34,5	36,0	37,0	38,0	39,0	39,5	41,0	42,0	42,0	42,5	43
Мелкозернистый групп:																							
А — естественного твердения	—	—	—	7,0	10	13,5	15,5	17,5	19,5	22,0	24,0	26,0	27,5	28,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Б — автоклавного твердения	—	—	—	—	—	—	—	—	16,5	18,0	19,5	21,0	22,0	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	—	—	—	—	—
Легкий и поризованный марки по средней плотности:																							
D800	—	—	—	4,0	4,5	5,0	5,5																
D1000	—	—	—	5,0	5,5	6,3	7,2	8,0	8,4														
D1200	—	—	—	6,0	6,7	7,6	8,7	9,5	10,0	10,5													
D1400	—	—	—	7,0	7,8	8,8	10,0	11,0	11,7	12,5	13,5	14,5	15,5										
D1600	—	—	—	—	9,0	10,0	11,5	12,5	13,2	14,0	15,5	16,5	17,5	18,0									
D1800	—	—	—	—	—	11,2	13,0	14,0	14,7	15,5	17,0	18,5	19,5	20,5	21,0								
D2000	—	—	—	—	—	—	14,5	16,0	17,0	18,0	19,5	21,0	22,0	23,0	23,5								
Ячеистый автоклавного твердения марки по средней плотности:																							
D500	1,4																						
D600	1,7	1,8	2,1																				
D700	1,9	2,2	2,5	2,9																			
D800			2,9	3,4	4,0																		
D900				3,8	4,5	5,5																	
D1000					5,0	6,0	7,0																
D1100						6,6	7,9	8,3	8,6														
D1200							8,4	8,6	9,3														

## Примечания

- 1 Для мелкозернистого бетона группы А, подвергнутого тепловой обработке или при атмосферном давлении, значения начальных модулей упругости бетона следует принимать с коэффициентом 0,85.
- 2 Для легкого, ячеистого и поризованного бетонов при промежуточных значениях плотностей бетона начальные модули упругости принимают по линейной интерполяции.
- 3 Для ячеистого бетона неавтоклавного твердения значения  $E_b$  принимают как для бетона автоклавного твердения с умножением на коэффициент 0,8.
- 4 Для напрягающего бетона значения  $E_b$  принимают как для тяжелого бетона с умножением на коэффициент  $\alpha = 0,56 + 0,006 B$ .

### 3.4.2 Арматура

Арматура для железобетонных конструкций классифицируется по разным признакам: по материалу, назначению, ориентации в конструкции, условиям применения, по принципу изготовления (рисунки 3.7–3.10)

Достаточно широкое применение в строительстве нашли и дисперсно армированные конструкции, в которых армирующие элементы небольших размеров (стальные или искусственные) распределены по всему объему бетона.

По профилю поверхности и способу прокатки (изготовления) применяют арматуру следующих видов:

- горячекатаную гладкую и периодического профиля с постоянной и переменной высотой выступов (кольцевой и серповидный, трехсторонний или четырехсторонний профиль соответственно) диаметром 6–40 мм;
- горячекатаную упрочненную периодического профиля диаметром 6–40 мм;
- холоднодеформированную периодического профиля диаметром 3–6 мм;
- арматурные канаты диаметром 6–28 мм.



Рисунок 3.7 – Виды арматуры для железобетонных конструкций

# Классификация арматуры

**Арматура классифицируется по нескольким признакам:**

**1. По материалу:**

- стальная;
- стеклопластиковая;
- дисперсная (стекловолокно, металлич., синтетич. и т.п. волокна).

**2. По технологии изготовления :**

- горячекатаная;
- холоднотянутая.

**3. По профилю:**

- гладкая;
- периодического профиля.

**4. По принципу работы:**

- напрягаемая;
- ненапрягаемая.

Напрягаемая арматура позволяет ж.б. конструкциям сопротивляться значительным растягивающим напряжениям, увеличивает трещиностойкость и несущую способность. Позволяет более полно использовать механические свойства арматурной стали и сокращать ее расход.

**5. По назначению:**

- рабочая;
- распределительная;
- монтажная.

**6. По способу установки:**

- штучная арматура;
- арматурные сетки;
- плоские каркасы;
- пространственные каркасы.

Рисунок 3.8 – Классификация арматуры

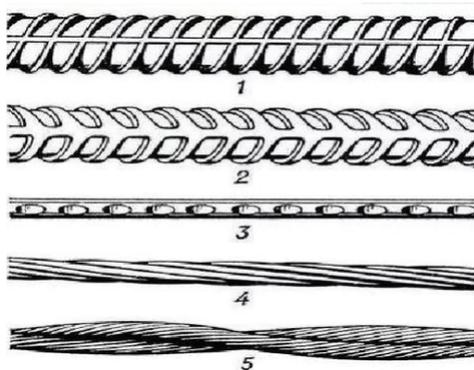


Рисунок 3.9 – Стальная арматура железобетонных конструкций:

- 1, 2 – стержневая периодического профиля; 3 – проволока периодического профиля; 4 – семипроволочная прядь; 5 – двухпрядевой канат



Рисунок 3.10 – Стержневая стеклопластиковая арматура

Основным показателем качества арматуры, устанавливаемым при проектировании, является класс арматуры по прочности на растяжение, обозначаемый:

А – для горячекатаной и горячекатаной упрочненной арматуры;

В, В<sub>р</sub> – для холоднодеформированной арматуры;

К – для арматурных канатов.

Кроме того, в необходимых случаях к арматуре предъявляют требования по дополнительным показателям качества по ГОСТ 34028-2016: свариваемость, пластичность, хладостойкость, коррозионную стойкость, характеристики сцепления с бетоном и др.

Классы арматуры по прочности на растяжение соответствуют гарантированному значению предела текучести, физического или условного (равного значению напряжений, соответствующих остаточному относительному удлинению 0,1 или 0,2 %), с обеспеченностью не менее 0,95, определяемому по соответствующим стандартам.

Для железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры в качестве устанавливаемой по расчету арматуры применяют арматуру периодического профиля классов А400, А500 и А600, а также арматуру классов В500 и В<sub>р</sub>500 в сварных сетках и каркасах. При обосновании экономической целесообразности допускается применять арматуру более высоких классов.

Для поперечного и косвенного армирования применяют гладкую арматуру класса А240 из стали марок Ст3сп и Ст3пс

(с категориями нормируемых показателей не ниже 2), а также арматуру периодического профиля классов А400, А500, В500 и В<sub>р</sub>500.

Для предварительно напряженных железобетонных конструкций предусматривают:

- *в качестве напрягаемой арматуры:*
  - горячекатаную и горячекатаную упрочненную периодического профиля классов А600, А800 и А1000;
  - холоднодеформированную периодического профиля классов от В<sub>р</sub>1200 до В<sub>р</sub>1600;
  - канатную семипроволочную (К7, К7Т, К7О) классов К1400, К1450, К1500, К1550, К1650, К1750, К1850, К1900;
- *в качестве ненапрягаемой арматуры:*
  - горячекатаную гладкую класса А240;
  - горячекатаную, горячекатаную упрочненную и холоднодеформированную периодического профиля классов А400, А500, А600, В500 и В<sub>р</sub>500.

При выборе вида и марок стали для арматуры, устанавливаемой по расчету, а также прокатных сталей для закладных деталей следует учитывать температурные условия эксплуатации конструкций и характер их нагружения.

В конструкциях, эксплуатируемых при статической нагрузке в отапливаемых зданиях, а также на открытом воздухе и в неотапливаемых зданиях при расчетной температуре минус 40 °С и выше применяется арматура всех вышеуказанных классов, за исключением арматуры класса А400 из стали марки 35ГС, класса А240 из стали марки СтЗкп, применяемых при расчетной температуре минус 30 °С и выше.

При расчетной температуре ниже минус 55 °С используют арматуру класса Ас500С и А600 из стали марки 20Г2СФБА.

При других условиях эксплуатации класс арматуры и марку стали принимают по специальным указаниям.

Для монтажных (подъемных) петель элементов сборных железобетонных и бетонных конструкций следует применять горячекатаную арматуру класса А240 из стали марок СтЗсп и СтЗпс

(с категориями нормируемых показателей не ниже 2 по соответствующим стандартам).

Основной прочностной характеристикой арматуры является нормативное значение сопротивления растяжению  $R_{s,n}$ , принимаемое в зависимости от класса арматуры по таблице 3.21 (таблица 6.13 СП 63.13330.2018).

Таблица 3.21 – Нормативное значение сопротивления растяжению  $R_{s,n}$ , принимаемое в зависимости от класса арматуры

Класс арматуры	Номинальный диаметр арматуры, мм	Нормативные значения сопротивления растяжению $R_{s,n}$ и расчетные значения сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{s,ser}$ , МПа
A240	6–40	240
A400	6–40	390
A500	6–40	500
A600	6–40	600
A800	10–32	800
A1000	10–32	1000
B500	3–16	500
B <sub>p</sub> 500	3–5	500
B <sub>p</sub> 1200	8	1200
B <sub>p</sub> 1300	7	1300
B <sub>p</sub> 1400	4; 5; 6	1400
B <sub>p</sub> 1500	3	1500
B <sub>p</sub> 1600	3–5	1600
K1400	15,2	1400
K1450	15,2	1450
K1500	6,2–12,4	1500
K1550	6,9–18,0	1550
K1650	6,9–15,7	1650
K1750	9,0; 9,3	1740
K1850	6,9	1840
K1900	6,9	1920
Примечание. В ГОСТ 6727 класс Bp500 обозначен как Bp1		

Расчетные значения сопротивления арматуры растяжению  $R_s$  определяют по формуле

$$R_s = \frac{R_{s,n}}{\gamma_s},$$

где  $\gamma_s$  – коэффициент надежности по арматуре, принимаемый:

- для предельных состояний первой группы равным 1,15 – для арматуры классов А, К1550 – К1900 и 1,20 – для арматуры классов В, Вр, К1400 – К1500;
- для предельных состояний второй группы – равным 1,0.

Расчетные значения сопротивления арматуры растяжению  $R_s$  приведены (с округлением) для предельных состояний первой группы в таблице 6.14, второй группы – в таблице 6.13. При этом значения  $R_{s,n}$  для предельных состояний первой группы приняты равными наименьшим контролируемым значениям по соответствующим стандартам.

Значения расчетного сопротивления арматуры сжатию  $R_{sc}$  принимают равными расчетным значениям сопротивления арматуры растяжению  $R_s$ , но не более значений, соответствующих деформациям укорочения бетона, окружающего сжатую арматуру: не более 400 МПа – при кратковременном действии нагрузки, не более 500 МПа – при длительном действии нагрузки.

Для арматуры классов В500 и А600 граничные значения сопротивления сжатию принимаются с понижающим коэффициентом условий работы. Расчетные значения  $R_{sc}$  приведены в таблице 3.22 (таблица 6.14 СП 63.13330.2018).

Расчетные значения  $R_{sw}$  для арматуры классов А240 ... А500, В500 приведены в таблице 3.23 (таблица 6.15\_СП 63.13330.2018).

Для поперечной арматуры всех классов расчетные значения сопротивления  $R_{sw}$  следует принимать не более 300 МПа.

Таблица 3.22 – Значения расчетного сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа

Класс арматуры	Значения расчетного сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа	
	растяжению, $R_s$	сжатию, $R_{sc}$
A240	210	210
A400	340	340
A500	435	435 (400)
A600	520	470 (400)
A800	695	500 (400)
A1000	870	500 (400)
B500	415	415 (380)
B <sub>p</sub> 500	415	390 (360)
B <sub>p</sub> 1200	1000	500 (400)
B <sub>p</sub> 1300	1100	500 (400)
B <sub>p</sub> 1400	1170	500 (400)
B <sub>p</sub> 1500	1250	500 (400)
B <sub>p</sub> 1600	1340	500 (400)
K1400	1170	500 (400)
K1450	1200	500 (400)
K1500	1250	500 (400)
K1550	1350	500 (400)
K1650	1435	500 (400)
K1750	1515	500 (400)
K1850	1600	500 (400)
K1900	1670	500 (400)

Примечание. Значения  $R_{sc}$  в скобках используют только при расчете на кратковременное действие нагрузки.

Таблица 3.23 Расчетные значения сопротивления поперечной арматуры растяжению для предельных состояний первой группы, МПа

Класс арматуры	Расчетные значения сопротивления поперечной арматуры (хомутов и отогнутых стержней) растяжению для предельных состояний первой группы, МПа
A240	170
A400	280
A500	300
B500	300

Основными деформационными характеристиками арматуры являются значения:

- относительных деформаций удлинения арматуры  $\varepsilon_{s0}$  при достижении напряжениями расчетного сопротивления  $R_s$ ;
- модуля упругости арматуры  $E_s$ .

Значения относительных деформаций арматуры  $\varepsilon_{s0}$  принимают равными:

- для арматуры с физическим пределом текучести:

$$\varepsilon_{s0} = \frac{R_s}{E_s}; \quad (3.4)$$

- для арматуры с условным пределом текучести:

$$\varepsilon_{s0} = \frac{R_s}{E_s} + 0,002. \quad (3.5)$$

Значения модуля упругости арматуры  $E_s$  принимают одинаковыми при растяжении и сжатии и равными:

$E_s = 1,95 \cdot 10^5$  МПа – для арматурных канатов (К);

$E_s = 2,0 \cdot 10^5$  МПа – для остальной арматуры (А и В).

## Маркировка арматуры (ГОСТ 34028-2016)

*Арматура стальная гладкая.* Чтобы проинформировать потребителя об особых свойствах металлопродукции, производители дополнительно маркируют ее: *K* – коррозионностойкая сталь с защитным покрытием (оцинкованная, гальванизированная); *C* – допускает соединение с помощью сварки; *T* – термомеханически упрочненный прокат. После основных данных указывают диаметр прута. Например, А600С Ø18 расшифровывается так: холоднокатаная арматура с пределом текучести 600 МПа, предназначенная для сварного каркаса ЖБИ.

Арматуру пакуют в бухты или связки, фиксируемые с помощью проволоки. Каждую связку маркируют: крепят бирку с условным обозначением. Для классов А600–А1000 применяется цветовая маркировка кончиков прутков краской: А600 – красной; А800 – красной и зеленой; А1000 – красной и синей.

*Источник:* <http://stroitel-lab.ru/markirovka-stroitelnoj-armatury.html>

### ***Маркировка проката периодического профиля***

#### *Буквенно-цифровая маркировка*

Маркировку класса проката, в том числе свариваемого, выполняют надписью, соответствующей классу проката по ГОСТ 34028–2016, непосредственно на прокате. Маркировку реализованных в прокате дополнительных требований наносят в обязательном порядке на ярлык: для категорий пластичности – *H* или *E*; для проката, стойкого к коррозионному растрескиванию, – *K*; для проката с требованием к выносливости при многократно повторяющихся циклических нагрузках – *У*; для проката с требованиями по релаксации напряжений – *P*. Пример маркировки проката класса А500, свариваемого, приведен на рисунке 3.11, *а*.

Маркировку изготовителя наносят буквами как аббревиатуру наименования предприятия, полное наименование предприятия или его товарный знак. Пример маркировки приведен на рисунке 3.11, *б*. Допускается маркировку изготовителя наносить цифрами. Пример маркировки приведен на рисунке 3.11, *в*.



а) маркировка класса арматуры



б) маркировка изготовителей буквами



в) маркировка изготовителя номером в соответствии с таблицей В.2 СП 63.13330.2018

Рисунок 3.11 – Маркировка изготовителя

Маркировку класса проката наносят на одной стороне (в одном ряду) поперечных ребер. Маркировку изготовителя наносят на стороне, свободной от маркировки класса проката.

Допускается маркировку класса проката и изготовителя наносить на одной стороне проката при разделении маркировок не менее чем пятью поперечными ребрами.

ГОСТ 34028—2016 допускает и альтернативную маркировку.

#### ***Маркировка композитной арматуры***

Маркировать неметаллические армирующие изделия принято по типу наполнителя. Согласно такой классификации, выделяют следующие типы арматуры: АСК – со стекловолокном; АБК – с базальтовым волокном; АУК – углекомпозитную; ААК – арамидокомпозитную; АКК – комбинированную.

Диаметры варьируются в пределах от 4 до 32 мм, их профиль – ребристый. Маркировка изделия включает: тип арматурных стержней, диаметр, предельное значение давления при растяжении, модуль упругости при растяжении, ГОСТ. Например, базальтокомпозитная арматура диаметром 10 мм с пределом прочности при растяжении 1000 МПа и модулем упругости 50 ГПа обозначается так: АБК-10-1000/50 – ГОСТ 31938-2012.

*Источник:* URL: <http://stroitel-lab.ru/markirovka-stroitelnoj-armatury.html>

Более подробно о маркировке арматуры смотри  
URL: <http://cemgid.ru/kak-markiruetsya-stroitel'naya-armatura.html>

### Источники

3.4.1 СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01-2003. – М.: Стандартинформ, 2019. – 124 с.

3.4.2 ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017. – 42 с.

3.4.3 ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 39 с.

3.4.4 Расчет железобетонных конструкций без предварительно напряженной арматуры: Методическое пособие к СП 63.1333. Разработано авторским коллективом специалистов НИИСФ РАС-СН под руководством Н.Н. Трекина. Минстрой России. – М., 2015. – 294 с.

URL: [https://docviewer.yandex.ru/view/0/?\\*](https://docviewer.yandex.ru/view/0/?*)

## 3.5 Материалы для каменных и армокаменных конструкций

Некоторые термины, связанные с проектированием каменных и армокаменных конструкций:

**Каменная кладка** – конструкция из природных или искусственных камней (кирпича, блоков), соединенных между собой раствором, клеевым составом или пастой.

**Кирпич, камни и блоки** – полнотелые и пустотелые кладочные изделия, удовлетворяющие требованиям соответствующих национальных стандартов.

**Кладка зимняя** – возведение каменных конструкций при отрицательных температурах наружного воздуха на растворах

с противоморозными добавками, способом замораживания, с обогревом.

**Многослойная (трехслойная) кладка** – конструкция, состоящая из двух слоев кладки и слоя из теплоизоляционных материалов, соединенных гибкими связями.

**Двухслойная кладка** – кладка, состоящая из основного и облицовочного слоев, соединенных между собой сетками, связями или прокладными рядами.

**Колодцевая кладка** – кладка с внутренними пустотами, заполненными утеплителем.

**Обрез** – горизонтальный уступ стены или фундамента, образованный в результате изменения толщины кладки вышележащей части.

**Перемычка** – конструктивный элемент балочного или арочного типа, перекрывающий проем в стене и воспринимающий нагрузку от вышерасположенных конструкций.

Номенклатура материалов для каменных и армокаменных конструкций очень разнообразна и включает как естественные (природные), так и искусственные материалы (рисунок 3.12).

Растворы, а также бетоны для изготовления камней и крупных блоков тоже служат материалом для каменных конструкций.

Из этих материалов проектируют и возводят стены, столбы, производят блоки, панели и другие конструктивные элементы. Способы изготовления материалов (не конструкций), предъявляемые к ним требования и методы испытаний (определение механических свойств) соответствовать требованиям ГОСТами и ТУ. Ниже представлены только некоторые их свойства, имеющие определяющее значение при проектировании каменных и армокаменных конструкций.

### 3.5.1 Кирпич, камни и растворы

Кирпич, камни и растворы, а также бетоны для изготовления камней и крупных блоков служат материалом для каменных конструкций и должны применяться следующих марок или классов:

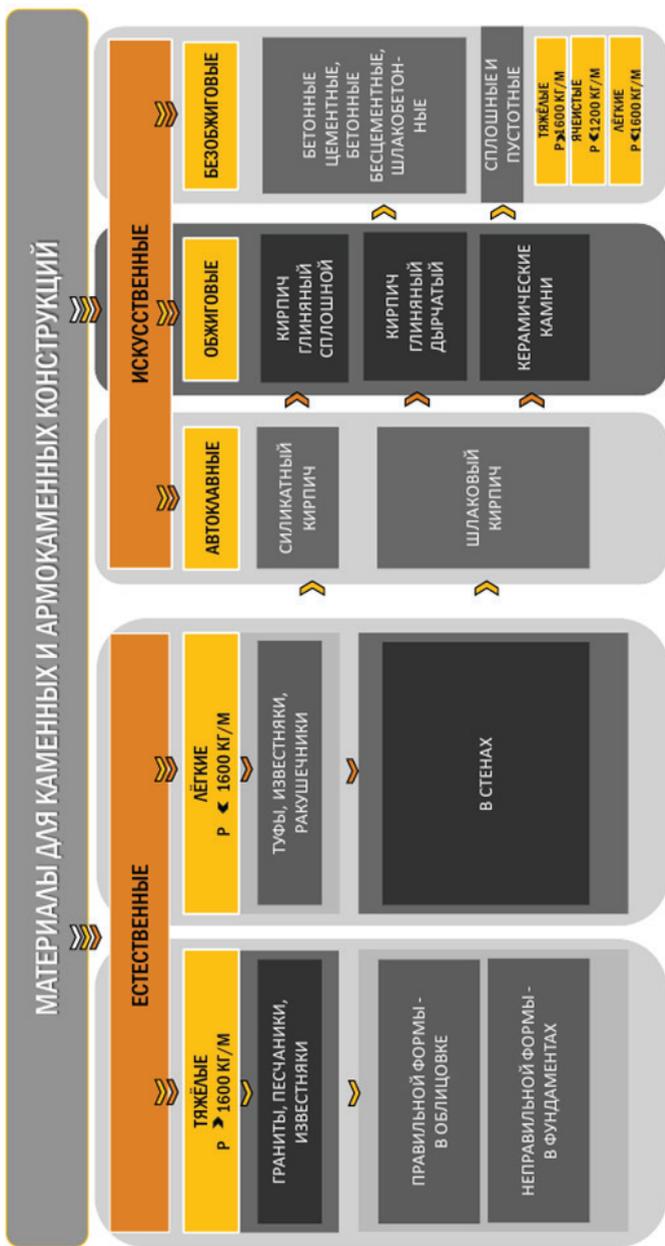


Рисунок 3.12 – Материалы для изготовления каменных и армокаменных конструкций

а) *камни – по среднему пределу прочности на сжатие* (кирпич – сжатие с учетом его среднего значения предела прочности при изгибе): М7, М10, М15, М25, М35, М50, М75 – камни малой прочности – легкие бетонные и природные камни, керамические, в том числе крупноформатные; М100, М125, М150, М200 – кирпич и камни средней прочности, в том числе крупноформатные, керамические, бетонные и природные; М250, М300, М400, М500, М600, М800 и М1000 – кирпич и камни высокой прочности, в том числе клинкерные природные и бетонные (таблица 3.24);

б) *бетоны классов по прочности на сжатие:*

- тяжелые – В3,5; В5; В7,5; В12,5; В15; В20; В22,5; В25; В30;
- на пористых заполнителях – В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В12,5; В15; В20; В25; В30;
- ячеистые – В1; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В12,5;
- полистиролбетон – В1,0; В1,5; В2,0; В2,5; В3,5;
- крупнопористые – В1; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5;
- поризованные – В2,5; В3,5; В5; В7,5;
- силикатные – В12,5; В15; В20; В25; В30.

Допускается применение в качестве утеплителей бетонов, предел прочности которых на сжатие 0,5 МПа и более; а для вкладышей и плит не менее 1,0 МПа;

в) *растворы по среднему пределу прочности на сжатие* – 0,4 МПа, и по маркам по прочности на сжатие – М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200;

г) *каменные материалы по морозостойкости* – F10, F15, F25, F35, F50, F75, F100, F150, F200, F300.

Проектные марки по морозостойкости каменных материалов для наружной части стен (на толщину 12 см) и для фундаментов (на всю толщину), возводимых в средних климатических условиях, в зависимости от предполагаемого срока службы конструкций, приведены в таблице 3.25.

*По виду вяжущего вещества* строительные растворы подразделяются на: цементные (на портландцементе или его разновидностях), известковые (на воздушной или гидравлической извести), гипсовые (на основе гипсовых вяжущих) и смешанные (на

Таблица 3.24 – Виды и характеристики кирпича

Вид кирпича	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Марки
Глиняный обыкновенный пластического прессования	1700–1900	50–300
То же, полусухого прессования	1800–2000	75–200
Силикатный	1800–2000	75–200
Глиняный пустотелый (дырчатый, пористо-дырчатый) пластического прессования	1300–1450	50–150
Глиняный пустотелый полусухого прессования	Не более 1500	75–150
Строительный легковесный (глиняный пористый и трепельный)	700–1450	35–100
Шлаковый	1200–Стр1800	25–75

Таблица 3.25 – Требуемые марки каменных материалов по морозостойкости

Вид конструкций	Значения R при предполагаемом сроке службы конструкций, лет		
	100	50	25
1. Наружные стены или их облицовка в зданиях с влажностным режимом помещений:			
а) сухим и нормальным	25	15	15
б) влажным	35	25	15
в) мокрым	50	35	25
2. Фундаменты и подземные части стен:			
а) из кирпича глиняного пластического прессования	35	25	15
б) из природного камня	25	15	15
Примечания. 1. Марки по морозостойкости камней, блоков и панелей, изготавливаемых из бетонов всех видов, следует принимать в соответствии с главой СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций.			

цементно-известковом, цементно-глиняном, известково-гипсовом вяжущем).

*По виду заполнителя и плотности* растворы подразделяются на:

- тяжелые – на речном или горном песке и тяжелых шлаках с плотностью в сухом состоянии  $1500 \text{ кг/м}^3$ ;
- легкие – на песках из легких шлаков или легких естественных каменных пород (пемза, туф, ракушечник и т. д.) с плотностью  $1500 \text{ кг/м}^3$ .

*По назначению* строительные растворы бывают:

- кладочные (для каменной кладки, монтажа стен из крупных блоков, крупнопанельных элементов);
- отделочные (для оштукатуривания помещений, нанесения декоративных слоев на стеновые блоки и панели);
- специальные, обладающие особыми свойствами (гидроизоляционные, акустические, рентгенозащитные).

### 3.5.2 Расчетные характеристики кладки

Каменные и армокаменные кладки можно отнести к композитным конструкциям (Композитная конструкция – общий термин, обозначающий любую строительную конструкцию из нескольких разнородных материалов). Поэтому их физико-механические характеристики зависят не только от свойств составляющих материалов, но и от вида кладки, технологии её изготовления.

При возведении каменных и армокаменных конструкций (далее – КиАК) применяются следующие виды кладок.

*Кладки из камней правильной формы:*

- сплошная кладка из кирпича и камней;
- сплошная кладка из крупных блоков;
- облегченная кладка из кирпича и камней.

*Кладки из камней неправильной формы:*

- бутовые;
- бутобетонные.

При проектировании КиАК используют расчетные сопротивления кладки при сжатии, растяжении, изгибе и срезе, которые определяются в зависимости от марки камня и марки раствора.

Все необходимые для проектирования свойства каменных и армокаменных конструкций приводятся в соответствующих сводах правил.

### Расчетные сопротивления кладки

Расчетные сопротивления кладки из сплошных камней на цементно-известковых, цементно-глиняных и известковых растворах растяжению  $R_t$ , растяжению при изгибе  $R_{tb}$  и главным растягивающим напряжениям при изгибе  $R_{tw}$ , срезу  $R_{sq}$  при расчете сечений кладки, проходящих по горизонтальным и вертикальным швам приведены в таблице 3.26.

Расчетные сопротивления  $R$  сжатию кладки на тяжелых растворах из кирпича всех видов и керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм, пустотностью до 27 % при высоте ряда кладки 50–150 мм на тяжелых растворах приведены в таблице 3.27.

Расчетные сопротивления кладки сжатию, приведенные в таблицах 3.23–3.28 и СП 15.13330.2020, следует умножать на коэффициенты условий работы, равные:

а) 0,8 – для столбов и простенков площадью сечения 0,3 м<sup>2</sup> и менее;

б) 0,6 – для элементов круглого сечения, выполняемых из обыкновенного (нелекального) кирпича, не армированных сетчатой арматурой;

в) 1,1 – для блоков и камней, изготовленных из тяжелых бетонов и из природного камня ;

- 0,9 – для кладки из блоков и камней из силикатных бетонов классов по прочности выше В25;
- 0,8 – для кладки из блоков и камней из крупнопористых бетонов и из автоклавных ячеистых бетонов;
- 0,7 – для кладки из блоков и камней из неавтоклавных ячеистых бетонов;

Таблица 3.26 – Расчетные сопротивления кладки растяжению и срезу

Вид напряженного состояния	Обозначения	При марке раствора				При прочностях раствора 0,2
		50 и выше	25	10	4	
<i>А. Осевое растяжение</i>						
1. По неперевязанному сечению для кладки всех видов (нормальное сцепление, рис. 1П, а)		0,08	0,05	0,03	0,01	0,005
2. По перевязанному сечению (рис. 1 П, б):						
а) для кладки из камней правильной формы		0,16	0,11	0,05	0,02	0,01
б) для бутовой кладки		0,12	0,08	0,04	0,02	0,01
<i>Б. Растяжение при изгибе</i>						
3. По неперевязанному сечению для кладки всех видов и по ко- сой штрабе (главные растягивающие напряжения при изгибе)		0,12	0,08	0,04	0,02	0,01
4. По перевязанному сечению (рис. 1 П, в):						
а) для кладки из камней правильной формы		0,25	0,16	0,08	0,04	0,02
б) для бутовой кладки		0,18	0,12	0,06	0,03	0,015
<i>В. Срез</i>						
5. По неперевязанному сечению для кладки всех видов (касательное сцепление)		0,16	0,11	0,05	0,02	0,01
С. По перевязанному сечению для бутовой кладки		0,24	0,16	0,08	0,04	0,02
<b>Примечание.</b>						
Расчетные сопротивления отнесены по всему сечению разрыва или среза кладки перпендикулярному или параллельному (при срезе) направлению усилия.						
Приведенные расчетные сопротивления кладки, следует принимать с коэффициентами:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• для кирпичной кладки с вибрированием на вибростолах при расчете на особые воздействия – 1,4;</li> <li>• для вибрированной кирпичной кладки из глиняного кирпича пластического прессования, а также для обычной кладки из дырчатого и щелевого кирпича и пустотелых бетонных камней – 1,25;</li> <li>• для невибрированной кирпичной кладки на жестких цементных растворах без добавки глины или извести – 0,75.</li> </ul>						

Таблица 3.27 – Расчетные сопротивления кладки сжатием

Марка кирпича или камня	При марке раствора										При прочности раствора	
	200	150	100	75	50	25	10	4	4	0.2	нулевой	1.5
300	3.9	3.6	3.3	3.0	2.8	2.5	2.2	1.8	1.7	1.5	1.3	1.0
250	3.6	3.3	3.0	2.8	2.5	2.2	1.9	1.6	1.5	1.3	1.0	0.8
200	3.2	3.0	2.7	2.5	2.2	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0	0.8	0.7
150	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5
125	-	2.2	2.0	1.9	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5
100	-	2.0	1.8	1.7	1.5	1.3	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	0.35
75	-	-	1.5	1.4	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.25
50	-	-	-	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.35	0.25
35	-	-	-	0.9	0.8	0.7	0.6	0.45	0.4	0.35	0.25	0.2

Примечание. Расчетные сопротивления кладки на растворах марок от 4 до 50 следует уменьшать, применяя понижающие коэффициенты: 0.85 – для кладки на жестких цементных растворах (без добавок извести или глины), легких и известковых растворах в возрасте до 3 мес.; 0.9 – для кладки на цементных растворах (без извести или глины) с органическими пластификаторами.

Уменьшать расчетное сопротивление сжатием не требуется для кладки повышенного качества – растворный шов выполняется под рамку с выравниванием и уплотнением раствора рейкой. В проекте указывается марка раствора для обычной кладки и для кладки повышенного качества.

Таблица 3.28 – Коэффициент временного сопротивления кладки М

Вид кладки	Коэффициент	
	при сжатии	при растяжении, растяжении с изгибом и срезе
1. Для стен толщиной более 20 см из кирпича и камней всех видов, из крупных блоков, кирпичная вибрированная при проценте пустот не более 55 %, рваного бута и бутобетона	2,0	225
2. Для стен толщиной более 20 см из кирпича и камней всех видов, из крупных блоков при проценте пустот более 55 %	2,3	2,4
3. Для стен из кирпича, камней, блоков толщиной 20 см. но не менее 8,5 см	2,3	По неперевязанному сечению: 4,0*
		По перевязанному сечению: 2,4
4. Из крупных и мелких блоков из ячеистых бетонов	2,2	2,25
* Значение коэффициента допускается уточнять при проведении испытаний по ГОСТ Р 57350 и регулярных проверок на строительной площадке по ГОСТ 24992, но его значение должно быть не менее 2.4.		

г) 1,15– для кладки после длительного периода твердения раствора (более года);

д) 0,85 – для кладки из силикатного кирпича на растворе с добавками поташа;

е) для зимней кладки, выполняемой способом замораживания, – на коэффициенты условий работы по таблице 34 СП15.13330.2020.

Сырцовый кирпич и грунтовые камни разрешается применять только для стен зданий с предполагаемым сроком службы не более 25 лет.

Временное сопротивление (средний предел прочности) кладки  $R_u$  определяется по формуле

$$R_u = kR, \quad (3.5.1)$$

где  $k$  – коэффициент, принимаемый по таблице 3.5.5 (таблица 6.16 СП 15.13330.2020;

$R$  – расчетные сопротивления кладки, принимаемые по таблицам 3.23–3.27 (таблицам 6.1–6.13 СП) с учетом коэффициентов, приведенных в примечаниях к этим таблицам.

### **Модули упругости и деформаций кладки при кратковременной и длительной нагрузке, упругие характеристики кладки**

Модуль упругости (начальный модуль деформаций) кладки  $E_0$  при кратковременной нагрузке принимается равным:

- для неармированной кладки

$$E_0 = aR_u; \quad (3.5.2)$$

- для кладки с продольным армированием

$$E_0 = aR_{sku}. \quad (3.5.3)$$

В формулах (1) и (2)  $a$  – упругая характеристика кладки, принимается по таблице 16 СП 15.13330.2020.

Модуль упругости кладки с сетчатым армированием принимается таким же, как для неармированной кладки.

Для кладки с продольным армированием упругую характеристику принимают такой же, как для неармированной кладки;  $R_u$  – временное сопротивление (средний предел прочности) сжатия кладки, определяемое по формуле 3.5.1.

Упругую характеристику кладки с сетчатым армированием определяют по формуле 6.4 СП 15.13330.2020

Модуль деформаций кладки  $E$  принимают:

а) при расчете конструкций по прочности для определения усилий в кладке при знакопеременных и малоцикловых нагрузках (для определения усилий в затяжках сводов, в слоях сжатых многослойных сечений, усилий, вызываемых температурными деформациями, при расчете кладки над рандбалками или под распределительными поясами) по формуле

$$E = 0,5E_0, \quad (3.5.4)$$

где  $E_0$  – модуль упругости (начальный модуль деформаций) кладки, определяемый по формулам (3.5.2) и (3.5.3).

Модуль упругости кладки  $E_0$  при постоянной и длительной нагрузке с учетом ползучести уменьшают путем деления его на коэффициент ползучести  $\nu$ .

Модуль сдвига кладки принимают равным  $G = 0,4E_0$ , где  $E_0$  – модуль упругости при сжатии.

### Арматура

Для армирования каменных конструкций применяется:

- для сетчатого армирования – арматура классов А240 и В500;
- для продольной и поперечной арматуры, анкеров и связей – арматура классов А240, А300, В500.

Более подробно об арматуре для каменных и армокаменных конструкций смотри параграф 3.3.2.

### Источники

3.5.1 СП 15.13330.2020. СНиП II-22-81\* Каменные и армокаменные конструкции. – М.: Минстрой России. 2020. – 129 с.

URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/117291/>

3.5.2. Манаева М.М. Каменные и армокаменные конструкции [Текст]: учеб. пособие / М.М. Манаева, Ю.В. Николенко. – М.: РУДН, 2013. – 194 с.

3.5.3 Артюшин Д.В. Расчет и конструирование каменных и армокаменных конструкций: учеб. пособие / Д.В. Артюшин, А.В. Туманов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 119 с.

## **4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ. УСЛОВИЯ РАБОТЫ МАТЕРИАЛОВ, КОНСТРУКЦИЙ И ОСНОВАНИЙ. УЧЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СООРУЖЕНИЙ**

### **4.1 Геометрические параметры**

При расчетах конструкций сооружений учитываются возможные неточности их геометрических размеров. Численные значения таких неточностей назначают с учетом условий изготовления и монтажа конструкций.

Геометрические параметры конструкций, изменчивость которых незначительна, допускается принимать по проектным значениям.

В случаях, если отклонения геометрических параметров от проектных значений оказывают существенное влияние на работу конструкций (например, значительные эксцентриситеты, отклонения от вертикали или заданной формы, изменение размеров сечений вследствие воздействий агрессивных сред), их следует учитывать в расчетных моделях конструкций.

Геометрические размеры конструкций на стадии их монтажа и эксплуатации не должны отличаться от их проектных значений более чем на величину допусков, указанных в действующих нормативных документах.

На стадии монтажа контроль за соответствием фактических отклонений геометрических параметров конструкций от проектных допусков следует проводить в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

## 4.2 Учет ответственности сооружений

В зависимости от класса сооружений (см. 3.1) при их проектировании необходимо использовать коэффициенты надежности по ответственности, минимальные значения которых приведены в таблице 4.1 [3].

Класс и уровень ответственности сооружений, а также численные значения коэффициента надежности по ответственности устанавливаются генпроектировщиком по согласованию с заказчиком в задании на проектирование, но не ниже тех, которые указаны в таблице 4.1.

Для разных конструктивных элементов сооружений устанавливаются различные уровни ответственности и соответственно назначаются различные значения коэффициента надежности по ответственности.

На коэффициент надежности по ответственности умножают эффекты воздействия (нагрузочные эффекты), определяемые при расчете на основные сочетания нагрузок по первой группе предельных состояний (см. 1.1 пособия или 4.1.2 ГОСТ 27751-2014).

При расчете по второй группе предельных состояний (см. 1.2 пособия или 4.1.3 ГОСТ 27751-2014) коэффициент надежности по ответственности допускается принимать равным единице.

Таблица 4.1 – Минимальные значения коэффициента надежности по ответственности

Класс сооружений	Уровень ответственности	Минимальные значения коэффициента надежности по ответственности $Y_H$
КС-3	Повышенный	1.1
КС-2	Нормальный	1.0
КС-1	Пониженный	0.8
Примечание. Для зданий высотой более 250 м и большепролетных сооружений (без промежуточных опор) с пролетом более 120 м коэффициент надежности по ответственности следует принимать не менее 1.2 ( $Y_H = 1.2$ ).		

Правила учета уровня ответственности строительных объектов при расчете на особые сочетания нагрузок устанавливаются в нормах проектирования конструкций или в задании на проектирование объекта.

Классы и уровни ответственности сооружений учитываются:

- при оценке долговечности сооружений;
- при разработке номенклатуры и объема проектных работ, а также проводимых инженерных изысканий и экспериментальных исследований;
- при разработке конструктивных решений надземной и подземной частей сооружений;
- при разработке программ научно-технического сопровождения, при проектировании, изготовлении и монтаже конструкций;
- при разработке правил приемки, испытаний, эксплуатации и технической диагностики строительных объектов.

Для зданий и сооружений класса КС-3, имеющих повышенный уровень ответственности, должны предусматриваться научно-техническое сопровождение при проектировании, изготовлении и монтаже конструкций, а также их технический мониторинг при возведении и эксплуатации конструкций, а также их технический мониторинг при возведении и эксплуатации.

## 5. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТНЫМ МОДЕЛЯМ

Расчетные модели (расчетные схемы) строительных объектов должны отражать действительные условия их работы и соответствовать рассматриваемой расчетной ситуации. При этом должны быть учтены конструктивные особенности строительных объектов, особенности их поведения вплоть до достижения рассматриваемого предельного состояния, а также действующие нагрузки и воздействия, в том числе влияние на строительный объект внешней среды, а также возможные геометрические и физические несовершенства.

Расчетная схема включает в себя:

- расчетные модели нагрузок и воздействий;
- расчетные модели, описывающие напряженно-деформированное состояние элементов конструкций и оснований;
- расчетные модели сопротивления.

Расчетные модели нагрузок должны включать в себя их интенсивность (величину), место приложения, направление и продолжительность действия.

Для динамических воздействий, кроме того, должны быть заданы закон изменения нагрузки во времени или характерные частоты и, при необходимости, фазовые углы и спектральные характеристики (энергетический спектр, авто- и взаимные корреляционные функции).

В некоторых случаях необходимо учитывать зависимость воздействий от реакции сооружения (например, аэроупругие эффекты при взаимодействии потока ветра с гибкими сооружениями).

В случае, если невозможно точно описать параметры нагрузок, целесообразно проведение нескольких расчетов с различными допущениями.

Расчетные модели напряженно-деформированного состояния должны включать в себя определяющие соотношения, описывающие:

- реакцию сооружений и их конструктивных элементов при динамических и статических нагрузках;
- условия взаимодействия конструктивных элементов между собой и с основанием.

При этом должны быть установлены:

- упругие или неупругие характеристики конструктивных элементов и основания;
- параметры, характеризующие геометрически линейную или нелинейную работу конструкций;
- физические и реологические свойства, эффекты деградации.

Расчетные модели сопротивления строительных конструкций должны включать в себя:

- расчетные модели местной прочности и устойчивости, модели прочности и устойчивости элемента, модели общей устойчивости строительного объекта;
- расчетные модели мгновенной прочности и модели, учитывающие накопление повреждений во времени;
- расчетные модели прочности и деформирования основания.

В некоторых случаях, устанавливаемых в задании на проектирование, расчет необходимо выполнять с использованием данных экспериментальных исследований реальных строительных конструкций или моделей строительных объектов. Подготовку и проведение подобных испытаний, а также оценку полученных результатов следует осуществлять так, чтобы условия эксперимента были подобны условиям работы проектируемой конструкции (во время ее эксплуатации и возведения). Условия, которые не моделируются в процессе проведения эксперимента (например, долговременные характеристики), необходимо учитывать при проектировании на основе анализа полученных результатов и, при необходимости, за счет использования коэффициентов надежности.

## ИСТОЧНИКИ ОПСК ЧАСТЬ II

### Нормативно-техническая литература

1. Градостроительный кодекс РФ, Статьи 47–55. Архитектурно-строительное проектирование. URL:<https://www.zakonrf.info/gradostroitelnyy-kodeks/gl6/>
2. Положение о порядке выдачи документов на проектирование, строительство и иные изменения объектов недвижимости и оценки соответствия вводимых в эксплуатацию завершенных строительством объектов в Кыргызской Республике. Утверждено постановлением Правительства КР от 17 января 2020 года № 12.
3. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2015. – 14 с.
4. ГОСТ 21.501-2018. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. – М.: Стандартинформ, 2019. – 43 с.
5. ГОСТ 21.502-2016. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации металлических конструкций. – М.: Стандартинформ, 2020. – 28 с.
6. ГОСТ 21.504-2016 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации деревянных конструкций. – М.: Стандартинформ, 2020. – 32 с.
7. ГОСТ Р 21.1101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. – М.: Стандартинформ, 2020. – 64 с.

8. ГОСТ Р 2.105-2019 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – М.: Стандартинформ, 2019. – 32 с.
9. ГОСТ 33080-2014 Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения. Межгосударственный стандарт, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.

### **Своды правил**

10. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – М.: ФАУ «ФЦС», 2018. – 122 с.
11. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. – М.: ФАУ «ФЦС», 2012. – 198 с.
12. СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Основы проектирования несущих конструкций. АО «КазНИИСА». – Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан, Астана, 2016. – 127 с.
13. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*. – М.: Стандартинформ, 2017. – 146 с.
14. СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции». Госстрой России. – М.: Стандартинформ, 2017. – 96 с.
15. 1 СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01-2003. – М., Стандартинформ, 2019. – 124 с.
16. СП 15.13330.2020. СНиП II-22-81\* Каменные и армокаменные конструкции. – М.: Минстрой России. 2020. – 129 с.

### **Учебно-методическая и справочная литература**

17. *Фёдоров В.С.* Строительные конструкции: учебник / В.С. Фёдоров, Я.И. Швидко, В. Е. Левитский. – М.: КНОРУС, 2018. – 396 с.

18. *Насонов С.Б.* Руководство по проектированию и расчету строительных конструкций. В помощь проектировщику / С.Б. Насонов. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 816 с.
19. *Сербин Е.П.* Строительные конструкции. Практикум: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.П. Сербин. – 2-е изд., стереотип. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 256 с.
20. Проектирование металлических конструкций. Часть 1: «Металлические конструкции. Материалы и основы проектирования»: учебник для вузов / С.М. Тихонов, В.Н. Алехин, З.В. Беляева и др.; под общ. ред. А.Р. Туснина. – М.: Издательство «Перо», 2020. – 468 с
21. Основы строительных конструкций: метод. указания по дисциплине и для самостоятельной работы / сост. С.Е. Пересыпкин, М.В. Чумак. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 82 с.

#### **Интернет-источники**

URL: [http://buildingbook.ru/category/01\\_organ\\_proect/01\\_01\\_organ\\_proect](http://buildingbook.ru/category/01_organ_proect/01_01_organ_proect)

URL: <https://arch-shop.ru/architectural-and-construction-design/>

## ГОСТ 27751-2014. Термины и определения

В межгосударственном стандарте ГОСТ 27751-2014 применены следующие термины с соответствующими определениями:

### П.1 Общие термины

**Агрессивная среда** – среда эксплуатации объекта, вызывающая уменьшение сечений и деградацию свойств материалов во времени.

**Деградация свойств материалов во времени** – постепенное понижение уровня эксплуатационных характеристик материалов, процесс их изменения в сторону ухудшения относительно проектных значений.

**Долговечность** – способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы.

**Здание** – результат строительной деятельности, предназначенный для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных.

*Примечание.* Здание является частным случаем строительного сооружения.

**Надежность строительного объекта** – способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.

**Нормативный документ** – документ, доступный широкому кругу потребителей и устанавливающий правила, общие принципы и характеристики, касающиеся определенных видов деятельности в области строительства и их результатов.

**Нормальная эксплуатация.** – эксплуатация строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая

соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию.

**Основание** – часть массива грунта, взаимодействующая с конструкцией сооружения, воспринимающая воздействия, передаваемые через фундамент и подземные части сооружения и передающие на сооружение техногенные и природные воздействия от внешних источников

**Отказ** – состояние строительного объекта, при котором не выполняются одно или несколько условий предельных состояний.

**Помещение** – пространство внутри здания, имеющее определенное функциональное назначение и ограниченное строительными конструкциями.

**Расчетный срок службы** – установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием. Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции.

**Срок службы** – продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

**Строительная конструкция** – часть сооружения, выполняющая определенные функции несущих или ограждающих конструкций или являющаяся декоративным элементом.

**Строительное изделие** – изделие, предназначенное для применения в качестве элемента строительных конструкций сооружений.

**Строительное сооружение** – результат строительной деятельности, предназначенный для осуществления определенных потребительских функций.

*Примечание.* В тексте стандарта вместо термина «строительное сооружение» используется термин «сооружение», который может относиться к зданиям, мостам, резервуарам или любым другим результатам строительной деятельности.

**Строительный материал** – материал, предназначенный для изготовления строительных объектов.

**Строительный объект** – строительное сооружение, здание, помещение, строительная конструкция, строительное изделие или основание.

**Техническое обслуживание и текущий ремонт** – комплекс мероприятий, осуществляемых в период расчетного срока службы строительного объекта, обеспечивающих его нормальную эксплуатацию.

**Эксплуатация несущих конструкций объекта** – комплекс мероприятий по поддержанию необходимой степени надежности конструкций в течение расчетного срока службы объекта в соответствии с требованиями нормативных и проектных документов.

**Технический мониторинг** – систематическое наблюдение за состоянием конструкций в целях контроля их качества, оценки соответствия проектным решениям и нормативным требованиям, прогноза фактической несущей способности и прогнозирования на этой основе остаточного ресурса сооружения.

## **III.2 Термины расчетных положений**

**Воздействия** – изменение температуры, влияние на строительный объект окружающей среды, действие ветра, осадка оснований, смещение опор, деградация свойств материалов во времени и другие эффекты, вызывающие изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций.

*Примечание.* При проведении расчетов воздействия допускается задавать как эквивалентные нагрузки.

**Конструктивная система** – совокупность взаимосвязанных строительных конструкций и основания.

**Нагрузки** – внешние механические силы (вес конструкций, оборудования, людей, снегоотложения и др.), действующие на строительные объекты.

**Несущая способность** – максимальный эффект воздействия, реализуемый в строительном объекте без превышения предельных состояний.

**Нормативные характеристики физических свойств материалов** – значения физико-механических характеристик материалов, устанавливаемые в нормативных документах или технических условиях и контролируемые при их изготовлении, при строительстве и эксплуатации строительного объекта.

**Обеспеченность** – вероятность благоприятной реализации значения переменной случайной величины. Например, для нагрузок «обеспеченность» – вероятность непревышения заданного значения; для характеристик материалов «обеспеченность» – вероятность значений, меньших или равных заданным.

**Переменные параметры** – используемые при расчете строительных объектов физические величины (воздействия, характеристики материалов и грунтов), значения которых изменяются в течение расчетного срока эксплуатации или имеют случайную природу.

**Предельное состояние строительного объекта** – состояние строительного объекта, при превышении характерных параметров которого эксплуатация строительного объекта недопустима, затруднена или нецелесообразна.

**Прогрессирующее (лавинообразное) обрушение** – последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения.

**Расчетная схема (модель)** – модель конструктивной системы, используемая при проведении расчетов.

**Расчетные критерии предельных состояний** – соотношения, определяющие условия реализации предельных состояний.

**Расчетные ситуации** – учитываемый при расчете сооружений комплекс наиболее неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при его возведении и эксплуатации.

**Коэффициенты надежности** – коэффициенты, учитывающие возможные неблагоприятные отклонения значений нагрузок, характеристик материалов и расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации, а также уровень ответственности строительных объектов. Вводится 4 типа коэффициентов надежности: коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_n$ , коэффициенты надежности по материалу  $\gamma_m$ , коэффициенты условий работы  $\gamma_c$ , коэффициенты надежности по ответственности сооружений  $\gamma_f$ .

**Результат (эффект) воздействия** – реакция (внутренние усилия, напряжения, перемещения, деформации) строительных конструкций на внешние воздействия.

## КЛАССИФИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ

ГОСТ 27751–2014 устанавливает следующую классификацию сооружений:

***Класс сооружений КС-1:***

а) теплицы, парники, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянного пребывания людей;

б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребыванием в них людей.

***Класс сооружений КС-2:***

здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3.

***Класс сооружений КС-3:***

а) здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов.

**Примечание 1.** Перечень (или классификация) опасных и технически сложных объектов устанавливается национальным законодательством.

**Примечание 2.** Для отдельных зданий и сооружений опасных производственных объектов допускается устанавливать класс КС-3 в том случае, если:

- на них не предусматривается постоянных рабочих мест и они не относятся к классу КС-1 по другим критериям:

б) все сооружения, при проектировании и строительстве которых используются принципиально новые конструктивные решения и технологии, которые не прошли проверку в практике строительства и эксплуатации;

в) объекты жизнеобеспечения городов и населенных пунктов;

е) тоннели, трубопроводы на дорогах высшей категории или имеющие протяженность более 500 метров;

ж) строительные объекты высотой более 100 метров;

и) пролетные строения мостов с пролетом более 200 метров;

к) большепролетные покрытия строительных объектов с пролетом более 100 метров;

л) строительные объекты с консольными конструкциями более 20 метров;

м) строительные объекты с заглублением подземной части более чем на 15 метров.

**Примечание 3.** В нормах проектирования отдельных типов сооружений (мостов, резервуаров и других) допускается устанавливать иные классы соответствующих сооружений.

**ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
(разрабатывается Заказчиком)  
(образец)**

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ И ТРЕБОВАНИЙ	
1.	Основание для проектирования
2.	Вид строительства
3.	Требования по вариантам и конкурсной разработке
4.	Основные условия строительства
5.	Основные технико-экономические показатели объекта, в т. ч. мощность, производительность, производственная программа
6.	Требования к качеству конкурентоспособности и экологическим параметрам продукции
7.	Требования к технологии, режиму предприятия
8.	Требования к архитектурно-строительным, объёмно-планировочным и конструктивным решениям
9.	Выделение очередей и пусковых комплексов, требования по перспективному расширению предприятия
10.	Требования и условия к разработке природоохранных мер и мероприятий
11.	Требования к режиму безопасности и режиму труда
12.	Требования по ассимиляции производства
13.	Требования по разработке инженерно-технических мероприятий гражданской обороны и мероприятий по предупреждению ЧС
14.	Требования по выполнению опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ
15.	Состав демонстрационных материалов

## ЭТАПЫ РАБОТ

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ	ИСПОЛНИ- ТЕЛЬ
1.	Выдача технического задания на разработку рабочего проекта согласно приложениям № 1 и № 2	Заказчик
2.	Заклучение ГИИСиП о сейсмическом состоянии конструкций существующих строений на участке строящегося объекта (при реконструкции объекта)	Заказчик “Проектная организация”
3.	Рабочий проект. Разработка раздела “Генеральный план”	“Проектная организация”
4.	Рабочий проект. Разработка раздела “Архитектурные решения”	“Проектная организация”
5.	Рабочий проект. Выполнение инженерных расчетов	“Проектная организация”
6.	Рабочий проект. Разработка раздела “Конструктивные решения”	“Проектная организация”
7.	Рабочий проект. Разработка раздела “Технологические решения”	“Проектная организация”
8.	Рабочий проект. Разработка раздела “Отопление и вентиляция”	“Проектная организация”
9.	Рабочий проект. Разработка раздела “Электроснабжение”	“Кыргызгаз”
10.	Рабочий проект. Разработка раздела “Водопровод и канализация”	“Проектная организация”
11.	Рабочий проект. Разработка раздела “Газоснабжение”	“Проектная организация”
12.	Рабочий проект. Разработка раздела “Автоматизация”	“Проектная организация”
13.	Рабочий проект. Разработка раздела “Охранно-пожарная сигнализация”	“Проектная организация”
14.	Рабочий проект. Разработка раздела “Устройство связи”	“Проектная организация”
15.	Рабочий проект. Разработка раздела “Проект организации строительства”	“Проектная организация”

16.	Рабочий проект. Разработка раздела “Наружные сети водоснабжения”	“Проектная организация”
17.	Рабочий проект. Разработка раздела “Наружные сети канализации”	“Проектная организация”
18.	Рабочий проект. Разработка раздела “Наружные сети электроснабжения”	“Проектная организация”
19.	Рабочий проект. Разработка раздела “Наружное освещение”	“Проектная организация”
20.	Рабочий проект. Разработка раздела “Наружные сети газоснабжения”	“Проектная организация”
21.	Рабочий проект. Разработка раздела “Наружные сети теплоснабжения”	“Проектная организация”
22.	Рабочий проект. Разработка раздела “Наружные сети связи”	“Проектная организация”
23.	Передача рабочего проекта в Госэкспертизу с заключением Договора	Заказчик Госэкспертиза
24.	Защита рабочего проекта в Госэкспертизе	“Проектная организация”
25.	Окончательное согласование проектно-сметной документации с наружными сетями в ГлавАПУ	Заказчик
26.	Окончательное согласование проектно-сметной документации в Электрических сетях (РЭС, БИЭСО)	Заказчик
27.	Окончательное согласование проектно-сметной документации в Телефонных сетях (БГТС)	Заказчик
28.	Окончательное согласование проектно-сметной документации Тепловых сетях (БТС)	Заказчик
29.	Разрешением на ведение С.М.Р. является положительное заключение Госэкспертизы	Заказчик
30.	Заключается Договор на ведение авторского надзора за строительством объекта	Заказчик “Проектная организация”

Вместе с заданием на проектирование Заказчик выдает проектной организации следующие исходные материалы:

- Решение местного органа исполнительной власти в предварительном согласовании места размещения объекта.
- Акт выбора земельного участка (трассы) для строительства и прилагаемые к нему материалы.
- Архитектурно-планировочные условия, составляемые в установленном порядке.
- Технические условия на присоединения проектируемого объекта к источникам снабжения, инженерным сетям и коммуникациям.
- Исходные данные по оборудованию, в том числе, индивидуального изготовления.
- Имеющиеся материалы инженерных изысканий и обследований, обмерочные чертежи существующих на участке строительства зданий и сооружений, подземных и наземных сетей и коммуникаций.
- Задание разрабатывается заказчиком на разработку тендерной документации на строительство (при необходимости).

*Владимир Сергеевич Семёнов*

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие в четырех частях

Часть II

Надежность строительных конструкций.

Предельные состояния. Нагрузки.

Материалы

Редактор *Н.В. Шумкина*

Компьютерная верстка *М.Р. Фазлыевой*

Обложка архитектора *В. Руновой*

Подписано в печать 10.02.2022.

Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Офсетная печать.

Объем 9,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 40

Издательство КРСУ

720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ

720048, г. Бишкек, ул. Анкара, 2а