



## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К вступительным испытаниям по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СамГТУ допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего (специалитет или магистратура).

Прием осуществляется на конкурсной основе по результатам вступительных испытаний.

Программа вступительных испытаний по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов по направлениям, соответствующим укрупненной группе направлений подготовки 08.00.00 Техника и технологии строительства, и, охватывает базовые дисциплины подготовки специалистов и магистров по данным направлениям.

## 2. ЦЕЛЬ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания призваны определить степень готовности поступающего к освоению основной образовательной программы аспирантуры по научной специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

## 3. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание проводится в письменной форме в соответствии с установленным приемной комиссией СамГТУ расписанием.

Поступающему предлагается ответить письменно на вопросы и (или) решить задачи в соответствии с экзаменационными заданиями, которые охватывают содержание разделов и тем программы вступительных испытаний. Для подготовки ответа поступающие используют экзаменационные листы, которые впоследствии хранятся в их личном деле.

При приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре результаты каждого вступительного испытания оцениваются **по пятибалльной шкале**.

Минимальное количество баллов для каждого направления подготовки, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **3 балла**.

### **Шкала оценивания:**

«**Отлично**» – выставляется, если поступающий представил развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета.

«**Хорошо**» – выставляется, если поступающий представил относительно развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета;

«**Удовлетворительно**» – выставляется, если поступающий представил относительно развернутые, четкие ответы на основные вопросы экзаменационного билета, при этом некоторые ответы раскрыты не полностью;

«**Неудовлетворительно**» – выставляется, если при ответе поступающего основные вопросы билета не раскрыты.

## **4. ПЕРЕЧЕНЬ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ И СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

### **РАЗДЕЛ 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**

#### **1.1 Железобетонные конструкции**

##### **1.1.1 Введение. Сопротивление железобетона и элементы железобетонных конструкций.**

Краткие исторические сведения о возникновении и развитии железобетона за рубежом и в России. Сущность железобетона. Понятие о железобетоне как конструктивной композиции двух материалов - бетона и стальной арматуры. Условия, обеспечивающие совместную работу бетона и стальной арматуры.

Особенности железобетона - образование трещин на стадии эксплуатации от растягивающих напряжений. Обычные свойства железобетона. Способы изготовления и возведения железобетонных конструкций. Область применения железобетона и перспективы развития.

##### **1.1.2 Основные физико-механические свойства бетона, стальной арматуры и железобетона**

###### **1.1.2.1 Основные физико-механические свойства бетона**

Основные сведения, виды и классификация бетона. Структура цементного бетона и ее влияние на физико-механические характеристики бетона. Сведения о физико-механических свойствах других бетонов (плотного силикатного, ячеистого, жаростойкого, кислотостойкого). Полимербетоны. Виды полимербетонов, их основные свойства и области применения.

Прочность бетона. Факторы, влияющие на прочность бетона. Характер разрушения бетона при сжатии. Кубиковая прочность бетона, призмная прочность бетона, прочность бетона при растяжении, местном сжатии. Свойства бетона при длительном, многократно повторном, ударном и сложном нагружении.

Деформативные свойства бетона. Объемные деформации - усадка и набухание бетона, температурные деформации. Коэффициент линейной температурной деформации и его зависимость от вида цемента, заполнителей и других факторов. Силовые деформации. Однократное нагружение кратковременной нагрузкой, влияние скорости нагружения. Нелинейная связь между напряжениями и деформациями. Упругие и пластические деформации.

Модуль деформации бетона: начальный модуль упругости, модуль полных деформаций, модуль упругопластичности бетона, связь между ними. Коэффициент упругих и пластических деформаций. Предельные сжимаемость и растяжимость бетона. Коэффициент поперечных деформаций и модуль сдвига бетона.

Деформации при длительном нагружении. Ползучесть бетона и факторы, влияющие на деформации ползучести. Кривые ползучести. Линейная и нелинейная ползучесть. Мера и характеристика ползучести бетона. Релаксация напряжений в бетоне.

Деформации бетона при многократно повторном действии нагрузки. Выносливость бетона.

Класс по прочности как статистическая прочностная характеристика. Классы бетонов по прочности на сжатие и растяжение. Марки бетонов по морозостойкости, водонепроницаемости, средней плотности и по самоупрежению. Общие сведения о назначении класса и марки бетона.

###### **1.1.2.2 Арматура для железобетонных конструкций**

Назначение арматуры. Рабочая и монтажная арматура. Гибкая арматура и ее виды в

зависимости от технологии изготовления, способа упрочнения, формы поверхности и способа применения при армировании конструкций (арматура ненапрягаемая и напрягаемая).

Жесткая арматура из прокатных профилей и области ее применения.

Прочностные и деформативные свойства арматурных сталей с площадкой текучести. Повышение прочности и уменьшение пластичности путем легирования и увеличения содержания углерода. Термическое упрочнение арматурных сталей. Условный предел текучести. Упрочнение горячекатаной арматурной стали вытяжкой в холодном состоянии, высокопрочная арматурная проволока. Модуль упругости арматурных сталей.

Пластичность, свариваемость, хладноломкость, реологические свойства (релаксация напряжений) арматурных сталей. Усталостное разрушение и динамическое упрочнение. Влияние на механические свойства арматуры высокотемпературного нагрева.

Классы и марки арматурных сталей и их механические характеристики. Рекомендации по использованию арматуры в различных конструкциях. Учет характера действующих нагрузок, расчетной температуры и условий эксплуатации железобетонных конструкций.

Арматурные сварные изделия - каркасы и сетки. Плоские и пространственные каркасы. Изделия из арматурной проволоки: канаты, пряди и пучки. Сварные соединения арматуры и применяемые виды сварки. Стальные закладные детали в сборных элементах.

Неметаллическая арматура.

### **1.1.2.3 Основные физико-механические свойства железобетона**

Техническая и экономическая сущность предварительно напряженного железобетона. Два способа создания предварительного напряжения: натяжение арматуры на упоры, натяжение арматуры на бетон. Механическое, электротермическое и электротермомеханическое натяжение напрягаемой арматуры.

Сцепление арматуры с бетоном. Влияние выступов на поверхности арматуры, сил трения и склеивания арматуры с бетоном на прочность сцепления. Анкеровка арматуры в бетоне. Конструкции анкеров.

Усадка железобетона и перераспределение напряжений в арматуре и бетона сжатого элемента вследствие ползучести. Совместное действие усадки и ползучести.

Защитный слой бетона. Факторы, влияющие на назначение толщины защитного слоя: вид и класс бетона, вид и диаметр арматуры, габаритные размеры сечения элемента, условия эксплуатации и др.

### **1.1.3. Экспериментальные основы теории сопротивления железобетона и методы расчета железобетонных конструкций**

#### **1.1.3.1. Экспериментальные данные о работе железобетона под нагрузкой**

Значение экспериментальных исследований в развитии теории сопротивления железобетона. Три стадии напряженно-деформированного состояния нормальных сечений железобетонных элементов и характер разрушения их при изгибе, при внецентренном сжатии и внецентренном растяжении. Влияние предварительного напряжения. Процесс образования и раскрытия трещин.

Общие сведения о расчетах железобетонных конструкций по допускаемым напряжениям. Понятие приведенного сечения.

Метод расчета нормальных сечений по разрушающим усилиям. Основные положения метода, его преимущества и недостатки.

Метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям. Понятие предельного состояния конструкции. Сущность расчета по двум группам предельных состояний: несущей способности (прочности, устойчивости, выносливости) и пригодности к нормальной эксплуатации (трещиностойкости, деформациям).

Основные нормативные документы, используемые при расчете железобетонных

конструкций.

Расчетные факторы - нагрузки и прочностные характеристики бетона и арматуры, их случайная изменчивость.

Классификация нагрузок по длительности действия. Нормативные и расчетные нагрузки. Коэффициенты надежности по нагрузкам и по назначению сооружения. Сочетания нагрузок и коэффициенты сочетаний.

Нормативные и расчетные сопротивления бетона. Коэффициенты надежности по бетону при сжатии и растяжении. Коэффициенты условий работы бетона.

Нормативные и расчетные сопротивления арматуры. Коэффициенты надежности по арматуре. Коэффициенты условий работы арматуры.

Три категории требований к трещиностойкости железобетонных конструкций.

Основные положения расчета по предельным состояниям (запись расчетных неравенств).

Предварительное напряжение в арматуре и бетоне. Начальные напряжения в арматуре. Контролируемые напряжения в арматуре при натяжении на упоры, на бетон. Предельные напряжения обжатия в бетоне. Установление класса бетона в зависимости от класса напрягаемой арматуры. Потери предварительных напряжений в арматуре. Усилие обжатия бетона. Напряжения в бетоне при обжатии.

### **1.1.3.2. Общий случай расчета прочности нормальных сечений стержневых железобетонных элементов**

Два случая разрушения нормального сечения: первый случай - разрушение вследствие текучести растянутой арматуры, второй случай - разрушение по сжатому бетону. Граничное значение относительной высоты сжатой зоны бетона и условия разрушения в обоих случаях. Предельные значения коэффициента армирования.

Общий случай расчета прочности нормальных сечений изгибаемых элементов со смешанным армированием напрягаемой и ненапрягаемой арматурой. Два расчетных уравнения предельного состояния нормальных сечений.

### **1.1.4. Изгибаемые элементы**

Конструктивные особенности изгибаемых элементов. Общие сведения об изгибаемых элементах: балках, плитах. Рациональные формы сечений изгибаемых элементов. Особенности армирования обычных и предварительно напряженных элементов.

Экспериментальные данные о характере разрушения элементов по нормальным и наклонным сечениям. Расчет прочности по нормальным сечениям предварительно напряженных элементов и без предварительного напряжения любого профиля, симметричного относительно силовой плоскости.

Изгибаемые элементы прямоугольного профиля с одиночной арматурой. Рекомендации по определению рациональных размеров сечения. Основные расчетные формулы. Использование вспомогательных табличных коэффициентов. Алгоритм расчета площади поперечного сечения арматуры.

Элементы прямоугольного профиля с двойной ненапрягаемой арматурой. Алгоритм расчета площади поперечного сечения растянутой и сжатой арматуры.

Особенности расчета изгибаемых элементов прямоугольного профиля со смешанным армированием растянутой зоны. Алгоритм расчета площади поперечного сечения напрягаемой арматуры.

Два расчетных случая для элементов таврового профиля. Признаки расчетных случаев. Расчетные формулы для случая, когда граница сжатой зоны проходит в ребре сечения.

Максимальные и минимальные коэффициенты армирования нормального сечения элемента.

Особенности предельного состояния наклонного сечения изгибаемого элемента. Возможные случаи разрушения элемента по наклонному сечению: действие поперечной силы, действие момента, раздробление сжатого бетона в полосе между наклонными трещинами.

Расчетные формулы для проверки прочности наклонного сечения при действии поперечной силы и изгибающего момента. Расчет поперечных стержней и отгибов. Алгоритм проверки прочности наклонного сечения при наличии поперечных стержней. Конструктивные требования, обеспечивающие прочность наклонных сечений на действие момента: анкеровка продольной растянутой арматуры на опорах и при обрыве ее в части пролета.

Сведения о конструкции сборных и монолитных балок и плит. Разрезные и неразрезные балки. Ребристые и пустотные сборные плиты. Особенности армирования сборных и монолитных элементов сварными каркасами, сетками и отдельными стержнями. Требования к размещению арматуры в поперечных сечениях элементов.

Особенности армирования предварительно напряженных элементов. Размещение напрягаемой арматуры в поперечном сечении элемента. Анкеровка напрягаемой арматуры и местное усиление концевых участков предварительно напряженных элементов.

Расчет прочности нормальных сечений при косом изгибе.

### **1.1.5. Сжатые элементы**

Общие понятия. Виды элементов, подверженных внецентренному сжатию. Конструктивные особенности сжатых элементов с гибкой продольной арматурой и хомутами. Оптимальные проценты армирования. Рекомендуемые классы бетона и арматуры.

Расчет прочности сжатых элементов со случайным эксцентриситетом. Основные допущения, принимаемые при расчете. Алгоритм расчета.

Расчет прочности внецентренно сжатых элементов при расчетных эксцентриситетах. Расчетные и случайные эксцентриситеты. Расчет элементов симметричного профиля, сжатых в плоскости симметрии. Два расчетных случая: случай 1 (случай больших эксцентриситетов сжимающей силы, разрушение вследствие текучести растянутой арматуры) и случай 2 (случай малых эксцентриситетов сжимающей силы, разрушение по сжатому бетону). Расчетные формулы и условия, определяющие расчетные случаи. Учет дополнительного прогиба и длительно действующей части нагрузок.

Алгоритм расчета прочности и армирования сжатых элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений. Расчетные формулы для прямоугольного сечения. Алгоритм проверки несущей способности элементов в обоих расчетных случаях. Алгоритм расчета арматуры в случае больших эксцентриситетов. Случай симметричного армирования. Алгоритм расчета симметричного армирования для случая малых эксцентриситетов. Расчетные формулы для элементов таврового и двутаврового сечений в зависимости от расположения сжатой зоны. Алгоритм расчета арматуры для случаев больших и малых эксцентриситетов.

Сжатые элементы, усиленные косвенным армированием. Сущность косвенного армирования. Косвенное армирование сетками, кольцами и спиралями. Приведенное сопротивление бетона с косвенным армированием. Формула для расчета приведенного сопротивления бетонов в зависимости от вида косвенной арматуры.

Усиление концевых участков сжатых элементов. Расчет на местное сжатие.

Трубобетон. Расчет трубобетонных элементов на сжатие.

Сжатые элементы с жесткой арматурой, особенности конструирования и расчета.

### **1.1.6. Растянутые элементы**

Элементы железобетонных конструкций, работающие на центральное и внецентренное растяжение. Конструктивные особенности растянутых элементов.

Применение предварительного напряжения.

Расчет прочности центрально растянутых элементов.

Два расчетных случая для внецентренно растянутых элементов: случай приложения продольной силы между арматурой и случай приложения продольной силы вне расстояния между арматурой (возникновение сжатой зоны). Расчетные формулы для элементов симметричного сечения произвольной формы. Частный случай внецентренно растянутых элементов прямоугольного профиля.

### **1.1.7. Трещиностойкость и перемещение железобетонных элементов**

Расчет трещиностойкости железобетонных элементов. Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси элемента для центрально растянутых, изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов, предварительно напряженных и без предварительного напряжения. Основные предпосылки и допущения, используемые при расчете железобетонных элементов по образованию трещин. Определение момента образования трещин по способу ядерных точек. Расчет по образованию наклонных трещин.

Общие положения расчета ширины раскрытия трещин. Факторы, влияющие на ширину раскрытия трещин. Учет влияния начальных трещин в бетоне сжатой зоны предварительно напряженных элементов. Расчет по закрытию трещин.

Расчет по деформациям, определение кривизны оси и жесткости изгибаемых и внецентренно нагруженных элементов на участках без трещин и с трещинами. Учет влияния предварительного напряжения и длительности действия нагрузки. Определение прогибов элемента по кривизне. Расчет осредненной жесткости элементов с учетом трещин в растянутых зонах. Учет влияния деформаций сдвига.

## **1.2. Железобетонные конструкции многоэтажных промышленных и гражданских зданий**

Сборные железобетонные конструкции заводского изготовления - основа индустриализации строительства. Монолитный железобетон в современном строительстве. Достоинства и недостатки монолитного и сборного железобетона; области применения.

Основные требования к сборным железобетонным конструкциям зданий. Типизация сборных элементов, номенклатура и каталоги сборных элементов.

Деформационные швы - температурные и осадочные, требования к их расположению, конструктивные схемы швов.

Стыки и концевые участки сборных железобетонных элементов многоэтажных зданий. Виды стыков по расчетно-конструктивным признакам и особенности их конструкции. Конструктивные, заводские и монтажные требования к стыкам. Сварка выпусков арматуры в стыках. Усиление концевых участков сборных элементов. Применение косвенного армирования.

Особенности армирования предварительно напряженных элементов. Размещение напрягаемой арматуры в поперечном сечении элемента. Анкеровка напрягаемой арматуры и местное усиление концевых участков предварительно напряженных элементов.

Сведения о расчете прочности стальных закладных деталей и бетонных шпонок в стыках сборных элементов.

### **1.2.1. Плоские железобетонные перекрытия**

Общие сведения о конструкции сборных и монолитных балок и плит. Разрезные и неразрезные балки. Ребристые и пустотные сборные плиты. Особенности армирования сборных и монолитных элементов сварными каркасами, сетками и отдельными стержнями. Требования к размещению арматуры в поперечных сечениях элементов.

Плоские перекрытия многоэтажных зданий и их основные виды - балочные и безбалочные.

Компоновка конструктивной схемы ребристого монолитного перекрытия с балочными плитами, особенности расчета и конструирования плиты, второстепенных и главных балок.

Конструктивные схемы ребристых монолитных перекрытий с плитами, опертыми по контуру, особенности расчета плит по методу предельного равновесия.

Особенности конструктивных решений монолитных, сборно-монолитных и сборных безбалочных покрытий.

Плоские безбалочные перекрытия из сборных железобетонных элементов. Компоновка конструктивной схемы перекрытия. Конструкция пустотных и ребристых плит. Применение в плитах сварных сеток, каркасов и напрягаемой арматуры. Особенности расчета армирования пустотных и ребристых плит.

Конструкции ригелей балочных перекрытий. Основы расчета железобетонных конструкций по методу предельного равновесия. Основные принципы метода. Образование пластических шарниров и перераспределение изгибающих моментов в статически неопределимой балке при предельном равновесии. Статический и кинематический способы метода предельного равновесия. Расчет ригеля методом предельного равновесия с перераспределением моментов. Армирование ригеля с учетом огибающей эпюры перераспределенных моментов. Построение эпюры моментов по назначенному армированию.

### **1.2.2. Конструкции многоэтажных каркасных и панельных зданий.**

Конструктивные схемы многоэтажных зданий и общие принципы их компоновки из сборного и монолитного железобетона.

Конструктивные схемы многоэтажных зданий. Общие сведения о каркасных, бескаркасных и комбинированных системах и областях их применения.

Связевая, рамно-связевая и рамная системы производственных зданий.

Компоновка конструктивной схемы панельных зданий, стыковые соединения. Вертикальные связевые сплошные диафрагмы и диафрагмы с проемами, монолитные ядра жесткости. Принцип расчета и конструирования.

Железобетонные фундаменты мелкого заложения. Классификация железобетонных фундаментов. Отдельные, ленточные и сплошные фундаменты, области их применения.

Конструкции сборных монолитных отдельных фундаментов колонн. Расчет центрально нагруженных фундаментов. Особенности расчета внецентренно нагруженных отдельных фундаментов. Фундаментные балки, конструктивные решения, схемы армирования.

### **1.3. Каменные конструкции**

Краткие исторические сведения о возникновении и развитии каменных и армокаменных конструкций в России и за рубежом. Перспективы дальнейшего развития.

Физико-механические свойства каменных кладок. Основы расчета по предельным состояниям.

Общие сведения. Материалы для каменных конструкций. Природные и искусственные камни. Растворы для каменных кладок. Прочность каменной кладки при сжатии, растяжении. Факторы, влияющие на прочность кладки. Деформативность каменной кладки. Стадии работы кладки под нагрузкой при сжатии. Расчет каменной кладки по предельным состояниям. Расчетные сопротивления каменной кладки. Коэффициенты условий работы.

Расчет неармированной каменной кладки при сжатии. Расчет прочности центрально сжатых элементов. Определение расчетной длины, коэффициента продольного изгиба. Учет длительности действия нагрузки. Расчет каменной кладки на смятие.

Армокаменные конструкции. Расчет и проектирование. Сетчатое армирование кладки,

основные конструктивные требования, максимальный и минимальный процент армирования. Расчет каменных конструкций с сетчатым армированием при центральном и внецентренном сжатии. Продольное армирование каменной кладки, конструктивные требования, расчет.

Расчет прочности изгибаемых элементов. Виды конструкций, работающих на изгиб. Расчет прочности при действии момента и поперечной силы.

Расчет по образованию и раскрытию трещин. Основные положения расчета; требования, предъявляемые каменной кладке по трещиностойкости. Расчет по деформациям растянутых поверхностей.

Проектирование каменных конструкций зданий. Конструктивные схемы каменных зданий. Здания с жесткой и упругой конструктивной схемой. Расчет стен на вертикальные и горизонтальные нагрузки. Расчет перемычек и стен подвала.

Каменные конструкции, возводимые в зимнее время. Конструктивные требования. Влияние замораживания на раствор и кладку. Расчет зимней кладки в стадии первого оттаивания и для периода законченного строительства.

#### **1.4. Конструкции одноэтажных промышленных зданий**

Классификация одноэтажных производственных зданий по конструктивным признакам. Конструктивные схемы зданий.

Виды одноэтажных производственных зданий, количество пролетов. Тип кровли, крановое оборудование. Конструктивные схемы зданий. Компонировка конструктивной схемы здания, привязка элементов к разбивочным осям. Устройство температурно-деформационных швов.

Поперечные рамы здания. Состав поперечной рамы каркаса: стропильные конструкции, колонны, фундаменты. Продольные рамы. Обеспечение пространственной жесткости каркасного здания. Вертикальные и горизонтальные связи.

Расчет поперечной рамы здания. Расчетные схемы рам. Определение усилий в элементах рамы. Учет пространственной работы каркаса здания.

Конструктивные схемы покрытий. Безпрогонные покрытия и покрытия по прогонам. Железобетонные плиты покрытий, их конструктивные решения, типы поперечных сечений, применяемые виды, классы бетона арматурной стали.

Железобетонные балки покрытий, их конструктивные решения, типы поперечных сечений, применяемые классы бетона и арматуры.

Железобетонные фермы покрытий. Классификация железобетонных ферм покрытий и их конструктивные решения. Конструирование элементов и узлов. Подстропильные фермы.

Арки покрытий. Конструкции и схемы армирования.

Подкрановые балки. Конструктивные решения подкрановых балок, особенности расчета и конструирования.

Колонны. Типы поперечных сечений колонн: сплошные, двухветвевые, квадратные, прямоугольные, круглые. Расчет и проектирование консолей колонны.

#### **1.5. Пространственные тонкостенные конструкции**

Общие сведения о пространственных конструкциях. Оболочки, классификация, принципы конструирования и возведения.

Особенности расчета тонких оболочек. Безмоментная теория расчета оболочек. Краевой эффект. Расчет и конструирование диафрагмы.

Пологие оболочки положительной гауссовой кривизны на прямоугольном плане.

Оболочки отрицательной гауссовой кривизны.

Цилиндрические оболочки, конструктивные решения. Схема армирования. Практические методы расчета длинных и коротких цилиндрических оболочек.

Складки, купола, висячие оболочки, тонкостенные своды. Конструктивные решения, принципы расчета.

## **1.6. Инженерные сооружения промышленно-гражданских комплексов**

Цилиндрические и прямоугольные резервуары. Бункеры и силосы. Подпорные стены. Конструктивные решения, принципы расчета, особенности конструирования и армирования.

## **1.7. Особенности железобетонных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых и возводимых в особых условиях**

Понятие о динамическом воздействии на здания и сооружения. Принцип расчета.

Понятие о сейсмическом воздействии. Принцип определения сейсмических нагрузок на здание. Расчет на сейсмические воздействия. Пассивные и активные технические средства защиты.

Конструкции при длительном воздействии высоких и низких температур. Особенности физико-механических свойств бетона и арматуры. Основные положения расчета и конструирования.

Конструкции, эксплуатируемые при длительном воздействии агрессивной среды. Виды агрессивных сред, меры по защите. Особенности конструирования.

## **1.8 Металлические конструкции**

### **1.8.1 Введение. Развитие металлических конструкций**

Краткая история развития металлических конструкций в России. Основные этапы развития металлических конструкций в западных странах. Номенклатура и область применения металлических конструкций. Основные особенности металлических конструкций и предъявляемые к ним требования. Перспективы развития металлических конструкций

### **1.8.2 Материалы для строительных металлических конструкций. Основные свойства и работа материалов в строительных конструкциях**

#### **1.8.2.1 Свойства металлов и методы их оценки**

Материалы для металлических конструкций и краткие сведения о их получении. Чугун, малоуглеродистые стали и алюминиевые сплавы. Достоинства и недостатки строительных сталей. Понятия надежности и долговечности металлических конструкций. Основные свойства строительных сталей: прочность, упругость, пластичность, хрупкость, твердость, ползучесть. Методы определения прочностных и деформационных показателей строительных сталей. Испытания сталей на растяжение. Диаграмма работы стали  $\sigma$ - $\epsilon$ .

#### **1.8.2.2 Стали и алюминиевые сплавы**

Общая характеристика сталей. Структурный анализ сталей. Микроструктурный состав сталей. Классификация сталей. Легированные стали. Влияние химических элементов на свойства стали. Влияние фосфора и серы на свойства сталей. Процесс раскисления сталей. Методы повышения качества сталей. Маркировка и нормирование строительных сталей. Оценка свариваемости стали.

Стали обычной прочности. Стали повышенной прочности. Стали высокой прочности. Атмосферостойкие стали. Выбор сталей для строительных металлических конструкций. Влияние различных факторов на свойства стали.

Работа стали под нагрузкой. Виды и механизм разрушения стали. Понятия о дефектах кристаллического строения стали. Работа стали при одноосном растяжении. Работа стали при сложном напряженном состоянии. Работа стали при неравномерном распределении напряжений. Концентрация напряжений. Работа стали при повторных нагрузках. Понятия об усталости стали.

Алюминиевые сплавы. Получение алюминиевых сплавов и их маркировка. Физико-механические характеристики алюминия и сплавов на его основе.

Сортамент. Характеристики основных профилей сортамента. Листовая сталь. Фасонная сталь. Холодногнутое профили. Профили из алюминиевых сплавов.

### **1.8.3 Основы расчета металлических конструкций**

Основные понятия и определения при расчете металлических конструкций. Методика расчета конструкций по предельным состояниям. Понятие о методике допускаемых напряжений и вероятностном методе расчета. Классификация нагрузок и их сочетаний.

Работа под нагрузкой и расчет элементов конструкций. Учет сложного напряженного состояния при расчете металлических конструкций и условия пластичности.

Основы расчета на прочность и деформативности центрально растянутых или сжатых элементов. Расчет элементов металлических конструкций при воздействии переменных нагрузок.

#### **1.8.3.1 Основы проектирования и расчета изгибаемых балочных конструкций**

Основы работы и расчета изгибаемых элементов. Расчет прочности на действие нормальных напряжений. Расчет прочности при действии касательных напряжений. Расчет прочности при совместном действии нормальных и касательных напряжений. Понятие о пластическом шарнире. Расчет устойчивости элементов изгибаемых балок составного сечения. Проверка устойчивости поясов и стенки составных балок двутаврового сечения. Расчет общей устойчивости изгибаемых элементов. Общая устойчивость плоской формы изгиба стержней. Местная устойчивость элементов изгибаемых металлических конструкций.

Балки и балочные конструкции. Компоновка балочных конструкций. Настилы балочных клеток. Подбор сечения и проверка несущей способности прокатных балок. Подбор сечения и проверка несущей способности составных балок. Проверка жесткости балок. Проверка и обеспечение местной и общей устойчивости составных балок. Расчет и проектирование стыков балок на сварке и высокопрочных болтах. Расчет и проектирование стыка балок на накладках. Сопряжение балок в балочной клетке.

Пути совершенствования балочных конструкций. Балки с перфорированной стенкой. Бистальные балки. Предварительно напряженные балки. Балки с гибкой стенкой. Балки с гофрированной стенкой.

#### **1.8.3.2 Основы проектирования и расчета центрально сжатых колонн**

Общая характеристика колонн и стержней, работающих на центральное сжатие. Сплошные и сквозные центрально сжатые колонны. Основные понятия об устойчивости центрально сжатых стержней. Понятие гибкости центрально сжатого стержня. Влияние решеток на устойчивость стержня сквозной колонны. Колонны с безраскосной решеткой. Определение коэффициента устойчивости. Влияние закрепление стержня на несущую способность центрально сжатого стержня. Проверка устойчивости поясов и стенки сплошных колонн двутаврового сечения. Расчет устойчивости центрально сжатых колонн сквозного сечения. Влияние решеток и планок на устойчивость сквозных центрально сжатых колонн. Проверка устойчивости сплошных и сквозных центрально сжатых колонн в плоскости и из плоскости действия момента.

Подбор стержня и конструктивное оформление стержня сплошной и сквозной колонны. Подбор и расчет решетки (планок) сквозной колонны. Расчет и конструктивное оформление траверс и баз колонн. Расчет и конструктивное оформление оголовков сплошных и сквозных колонн.

#### **1.8.3.3 Основы проектирования и расчета ферм**

Классификация ферм и область их применения. Компоновка конструкций ферм, выбор статической схемы. Определение генеральных размеров ферм. Системы решеток

ферм и их характеристики. Типы сечений стержней ферм. Стержни легких ферм. Стержни тяжелых ферм.

Принципы расчета ферм. Определение расчетной нагрузки. Определение усилий в стержнях ферм. Определение расчетной длины стержней ферм. Предельные гибкости стержней ферм. Подбор сечений сжатых и растянутых элементов ферм. Подбор сечений стержней при действии продольной силы и изгиба. Подбор и проверка стержней по предельным гибкостям.

Общие требования при конструировании легких ферм. Фермы из одиночных и парных уголков. Узлы ферм из парных уголков. Укрупнительные стыки стропильных ферм из парных уголков. Фермы из широкополочных тавров. Фермы из труб и гнутых замкнутых профилей. Расчет и проектирование узлов ферм.

### **1.8.3.4 Работа элементов конструкций на кручение**

Работа на кручение стержней замкнутого сечения. Работа на кручение стержней открытого сечения. Понятие о стесненном кручении стержней открытого профиля. Расчет и проверка прочности сечения элементов при действии изгиба со стесненным кручением.

## **1.8.4 Соединения металлических конструкций**

### **1.8.4.1 Сварка и сварные соединения**

Классификация сварки. Термический класс сварки. Сущность процесса электродуговой сварки. Электрическая сварочная дуга. Оборудование для электродуговой сварки. Устройство сварочного трансформатора. Источники питания электрической дуги и их характеристики. Виды электродуговой сварки: ручная электродуговая сварка, полуавтоматическая электродуговая сварка, автоматическая сварка под флюсом, электрошлаковая сварка, точечная сварка, роликовая сварка. Методика выполнения сварочных швов.

Газовая сварка. Сущность газовой сварки и газовой резки стали. Газы для газовой сварки и резки. Структура пламени газовой горелки. Техника газовой сварки. Оборудование для газовой сварки и резки.

Основные типы сварных соединений и швов. Разделка кромок. Классификация сварных швов. Геометрические очертания сварных швов. Термический цикл сварки. Схема строения зоны термического влияния при сварке низкоуглеродистой, среднеуглеродистой и низколегированной стали. Понятие о сварочных напряжениях и деформациях.

Конструирование и работа сварных соединений. Проектирование и расчет стыковых соединений. Проектирование и расчет соединений, выполненных с помощью угловых швов. Влияние остаточных сварочных напряжений на работу сварных конструкций. Конструктивные требования к сварным соединениям. Особенности работы сварных соединений при действии циклических нагрузок.

Контроль качества сварки и сварных соединений. Основные дефекты и причины их образования. Основные виды контроля качества сварных соединений. Техника безопасности при сварке и термической резке.

### **1.8.4.2 Болтовые соединения**

Виды болтов, применяемых в строительных конструкциях. Виды болтовых и заклепочных соединений. Работа и расчет болтовых соединений. Болтовые соединения без контролируемого натяжения болтов. Схема работы болта и соединения. Фрикционные соединения на высокопрочных болтах. Принципы проектирования и расчета болтовых соединений. Конструирование болтовых соединений. Размещение болтов в соединении.

## **1.8.5 Основы проектирования, изготовления и монтажа металлических конструкций**

Основы проектирования металлических конструкций. Технологии изготовления металлических конструкций. Состав проектной документации металлических конструкций. Производственные требования к конструктивной форме. Требования к конструкциям при перевозке. Технологии монтажа металлоконструкций.

### **1.8.6 Основные вопросы проектирования конструкций каркасов производственных зданий**

Общая характеристика каркасов производственных зданий. Эксплуатационные требования, требования надежности и долговечности. Экономические факторы. Состав каркаса и его конструктивные схемы. Компоновка конструктивной схемы каркаса. Компоновка однопролетных и многопролетных поперечных рам. Связи каркасного здания. Связи между колоннами. Связи по покрытию. Компоновка конструкций покрытия. Беспрогонные покрытия и покрытия по прогонам. Фахверк и конструкции заполнения проемов.

### **1.8.7 Особенности расчета поперечных рам каркаса производственного здания**

Учет действительной работы каркаса под нагрузкой и расчет поперечных рам. Нагрузки, действующие на раму. Постоянные нагрузки. Временные нагрузки. Крановые нагрузки. Определение расчетных усилий в элементах рам и проверка жесткости.

Конструкции покрытия производственных зданий. Сплошные и решетчатые прогоны. Стропильные и подстропильные фермы. Опорные узлы стропильных ферм и принципы их расчета. Рядовые узлы стропильных ферм и принципы их проектирования и расчета.

Типы колонн производственных зданий. Расчет и конструирование стержня колонн. Сплошные колонны – расчет и проектирование. Сквозные колонны – расчет и проектирование. Многоступенчатые колонны каркаса. Подбор и проектирование сечений верхней и нижней частей одноступенчатой колонны.

Узлы опирания подкрановых балок и стыки колонн. Базы колонн, принципы их расчета и проектирования. Оголовки колонн, принципы их расчета и проектирования.

### **Экзаменационные вопросы**

1. Малоуглеродистые и низколегированные стали для строительных конструкций: механические свойства и химический состав.
2. Влияние различных факторов на свойства стали: химического состава, температуры .
3. Работа стали при статической нагрузке. Диаграмма работы стали  $\sigma$ - $\epsilon$ .
4. Работа стали при переменных нагрузках. Явление усталости.
5. Основные положения расчёта металлических конструкций по предельным состояниям. Классификация нагрузок и их сочетаний; коэффициенты надёжности, условий работы.
6. Нормативные и расчётные сопротивления стали силовым воздействиям.
7. Проверка прочности однопролетной шарнирно опертой балки.
8. Расчетные длины центрально-сжатой колонны
9. Определение прогиба однопролетной шарнирно опертой балки.
10. Конструкция оголовка сплошной центрально-сжатой колонны.
11. Конструкция балочных клеток
12. Конструкция оголовка сквозной центрально-сжатой колонны.
13. Конструирование балочной клетки нормального типа.
14. Конструкция базы сплошной центрально-сжатой колонны.
15. Конструирование балочной клетки усложненного типа.
16. Конструкция базы сквозной центрально-сжатой колонны.
17. поэтажное опирание балок в балочной клетке.
18. Конструкция решеток сквозной центрально-сжатой колонны.
19. Опирание балок в одном уровне в балочной клетке усложненного типа.
20. Расчет опорной плиты базы сплошной центрально-сжатой колонны
21. Пониженное опирание балок в балочной клетке усложненного типа.

22. Определение высоты траверсы базы центрально-сжатой колонны
23. Подбор сечения прокатной балки.
24. Подбор сечения и проверка прочности и устойчивости элементов составной балки.
25. Конструкция оголовков сквозных центрально-сжатых колонн.
26. Виды балочных клеток.
27. Подбор сечения сплошной центрально-сжатой колонны.
28. Подбор сечений сквозной центрально-сжатой колонны.
29. Конструкция главной балки балочной клетки.
30. Расчет настила балочной клетки.
31. Конструкция оголовка сплошной центрально-сжатой колонны.
32. Определение гибкости сплошной и сквозной центрально-сжатой колонны.
33. Укрупнительный стык главной балки.
34. Определение высоты траверсы базы сплошной центрально-сжатой колонны.
35. Сварные соединения: виды сварных швов и соединений, расчёт и конструирование стыковых сварных соединений, расчёт и конструирование соединений с угловыми швами.
36. Болтовые соединения: виды болтов, работа и расчёт болтовых соединений без контролируемого натяжения болтов, работа и расчёт фрикционных соединений на высокопрочных болтах, конструирование болтовых соединений.
37. Основные положения расчёта металлических конструкций по предельным состояниям. Классификация нагрузок и их сочетаний; коэффициенты надёжности, условий работы.
38. Подбор сечения и конструктивное оформление стержня сквозной колонны, проверка устойчивости колонны относительно свободной и материальной осей. Расчёт планок. Влияние решёток на устойчивость стержня сквозной колонны.
39. Базы колонн: расчёт и конструктивное оформление баз с траверсами и консольными рёбрами, расчёт и конструирование баз с фрезерованным торцом стержня колонны.
40. Оголовки колонн и сопряжение ферм с колоннами: расчёт и конструирование оголовков колонн при опирании ферм сверху и сбоку.
41. Фермы. Общая характеристика и классификация ферм.
42. Фермы. Компонировка ферм, определение высоты ферм.
43. Крытия производственных зданий. Конструирование и расчет прогонов сплошного сечения.
44. Устойчивость ферм, связи. Подбор сечения связей.
45. Фермы. Определение нагрузок и усилий в стержнях ферм.
46. Компонировка и подбор сечений растянутых элементов ферм различного поперечного сечения.
47. Компонировка и подбор сечений сжатых элементов ферм различного поперечного сечения. Определение расчетных длин сжатых стержней.
48. Соединительные прокладки в элементах ферм из парных уголков.
49. Конструирование и расчет узлов ферм с сечениями из парных уголков.
50. Опорные узлы ферм при шарнирном опирании на колонны.
51. Укрупнительные узлы ферм: конструирование и расчет.
52. Общая характеристика каркасов одноэтажных производственных зданий. Требования, предъявляемые к каркасам. Элементы каркаса.
53. Система связей каркасов одноэтажных производственных зданий. Связи по колоннам каркаса.
54. Связи по покрытию производственного здания: по верхним и нижним поясам стропильных ферм, вертикальные связи между фермами.
55. Компонировка поперечных рам каркасов одноэтажных производственных зданий.
56. Определение нагрузок на поперечные рамы каркаса: постоянных, технологических (крановых), атмосферных.
57. Расчетные схемы поперечных рам, определение усилий в элементах рам.
58. Определение расчетных длин ступенчатых внецентренно-сжатых колонн.

59. Конструирование и расчет внецентренно сжатых колонн симметричного сечения.
60. Особенности конструирования и расчета внецентренно сжатых колонн несимметричного сечения.
61. Конструирование и расчет внецентренно сжатых колонн сквозного сечения.
62. Конструирование и расчет баз внецентренно сжатых колонн сплошного и сквозного сечений.
63. Конструирование и расчет узла сопряжения верхней и нижней частей ступенчатых колонн.
64. Конструирование и расчет узла при жестком сопряжении сквозного ригеля с колонной.

### **Список рекомендуемой литературы**

#### **Основная**

1. Кудишин Ю. И. Металлические конструкции: учеб. для вузов по спец. "Пром. и гражд. стр-во" направления подготовки "Стр-во"/ под ред. Ю. И. Кудишина. - 12-е изд., стер./ Е. И. Беленя, В. С. Игнатъева, А. Б. Пуховский, Г. С. Ведеников, Б. Ю. Уваров, С. М. Астряб, В.Н. Валь, Ю.В. Соколов, Т. Н. Морачевский, Д. Н . Стрелецкий. – М.: Академия, 2010. - 681 с.
2. Мандриков А.П. Примеры расчета металлических конструкций : учебное пособие / А.П. Мандриков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лань. 2012 – 432 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература)
3. Горев В.В. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Элементы конструкции: Учеб. для строит. вузов/ Под ред. В.В. Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 551 с.
4. Горев В.В. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 2. Конструкции зданий: Учеб. для строит. вузов/ Под ред. В.В. Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 528 с.

#### **Дополнительная**

1. СП 16.13330.2016. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*, - М.: 2016. - 149 с.
2. СП 260.1325800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования. – 2016. -122 с.
3. СП 53-102-2004. Общие правила проектирования стальных конструкций. - 2005.– 130 с.
4. СП 294.1325800.2017. Конструкции стальные. Правила проектирования. – 2017. – 164 с.
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. - М.: -2016. - 95 с.