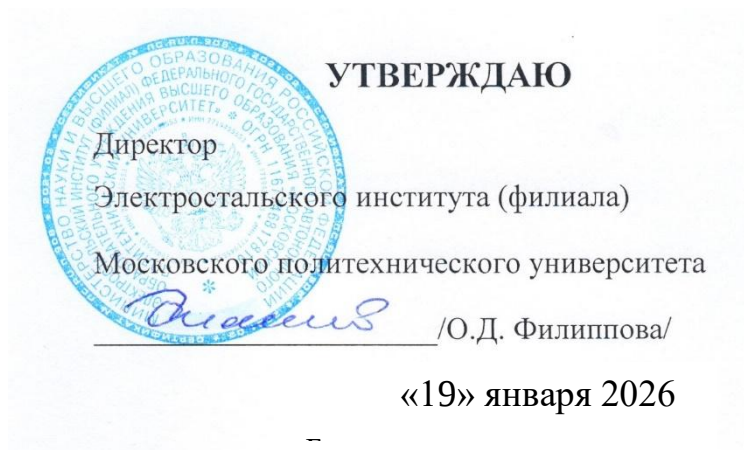


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**/ ЭЛЕКТРОСТАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА /**



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Экономика и управление в строительстве

Направление подготовки/специальность

08.03.01 Строительство

Профиль/специализация

Промышленное и гражданское строительство

Квалификация

Бакалавр

Формы обучения

Очная, очно-заочная

Электросталь, 2026 г.

Разработчик(и):

Должность, степень, звание
Фамилия/

/И.О.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»,
степень, звание

/С.В. Писарев/

Руководитель образовательной программы
степень, звание

/С.В. Писарев/

Содержание

1	Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине	4
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3	Структура и содержание дисциплины	5
3.1	Виды учебной работы и трудоемкость	5
3.2	Тематический план изучения дисциплины.....	7
3.3	Содержание дисциплины	7
	Раздел 1. Основы проектирования металлических конструкций.....	8
	Раздел 2. Расчет металлических конструкций по предельным состояниям.....	8
	Раздел 3. Соединения металлических конструкций	9
	Раздел 4. Балки и балочные конструкции.....	10
	Раздел 5. Центральнo-сжатые колонны	11
	Раздел 6. Каркасы промышленных зданий.....	11
3.4	Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий.....	13
4	Учебно-методическое и информационное обеспечение	15
4.1	Нормативные документы и ГОСТы	15
4.2	Основная литература.....	15
4.3	Дополнительная литература.....	15
4.4	Электронные образовательные ресурсы	16
4.5	Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ..	16
4.6	Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы	17
5	Материально-техническое обеспечение	17
5.1	Учебные аудитории и помещения	17
5.2	Лабораторное оборудование и приборы	18
6	Методические рекомендации.....	19
6.1	Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения	19
6.2	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	21
7	Фонд оценочных средств.....	22
7.1	Методы контроля и оценивания результатов обучения	22
7.2	Шкала и критерии оценивания результатов обучения	23
7.3	Оценочные средства.....	25

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Металлические конструкции» следует отнести:

- формирование знаний о современных металлических конструкциях, применяемых в гражданском и промышленном строительстве;
- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», в том числе формирование умений по расчету металлических конструкций, по овладению навыками конструирования наиболее распространенных металлических конструкций, а также закрепление приобретенных навыков в процессе выполнения курсового проекта.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Металлические конструкции» следует отнести:

- изучение физико-механических свойств сталей и сплавов алюминия, требования к ним и методы оценки пригодности к использованию в конструкции;
- на основе экспериментальной и теоретической базы изучение сопротивлений металла изгибу, сжатию, растяжению, кручению и современных методов расчета элементов конструкций с использованием лекционного материала, практических и лабораторных занятий с применением физических и компьютерных методик;
- изучение принципов компоновки, статических расчетов, проверки несущей способности и требований пригодности к нормальной эксплуатации металлических конструкций промышленных и гражданских сооружений;
- закрепление знаний студента путем выполнения курсового проекта.

Обучение по дисциплине «Металлические конструкции» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-5	Знать: Требования нормативных технических документов для разработки технических заданий на создание раздела проектной документации на металлические конструкции; Требования строительных норм и правил обеспечения необходимой надежности, капитальности, долговечности и заданных условий эксплуатации здания в целом, а также отдельных элементов и соединений конструкций из тонкостенных металлических профилей Выбирать технические данные для обоснованного принятия решений по проектированию зданий и сооружений с применением металлических конструкций. Уметь: Определять полноту исходных данных для подготовки технического задания на разработку раздела проектной документации на металлические конструкции. Владеть: Правилами оформления

	технических заданий на разработку раздела проектной документации на металлические конструкции; Программными средствами для оформления технических заданий на разработку раздела проектной документации на металлические конструкции.
ПК-9	знать: техническую документацию, стандарты, технические условия и другие нормативные документы уметь: разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы владеть: навыками контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Металлические конструкции» относится к числу профессиональных учебных дисциплин части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б 1 основной образовательной программы бакалавриата.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ООП ВО по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» и направленности «Промышленное и гражданское строительство».

Дисциплина «Металлические конструкции» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Начертательная геометрия и инженерная графика;
- Математика;
- Физика;
- Сопротивление материалов;
- Теоретическая механика;
- Расчет пространственных строительных конструкций;
- Архитектура гражданских и промышленных зданий;
- Основания и фундаменты.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость (по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5	6
1	Аудиторные занятия	116	72	44
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	72	44	28
1.3	Лабораторные занятия	18	10	8
2	Самостоятельная работа	172	72	100
	В том числе:			
2.1	Изучение теоретического материала	60	25	35
2.2	Выполнение РГР	70	30	40
2.3	Подготовка к зачету/экзамену	42	17	25
3	Промежуточная аттестация			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет/Экзамен	Зачет	Экзамен
	Итого	288	144	144

3.1.2 Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			6	7
1	Аудиторные занятия	62	36	36
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	8	10
1.3	Лабораторные занятия	18	10	8
2	Самостоятельная работа	226	108	108
	В том числе:			
2.1	Изучение теоретического материала	100	50	50
2.2	Выполнение РГР	80	40	40
2.3	Подготовка к зачету/ экзамену	46	18	28
3	Промежуточная аттестация			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет/экзамен	Зачет	Экзамен
	Итого	288	144	144

3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)

3.2.1 Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самос тояте льная работ а
			Лек ции	Семинар ские/ практиче ские занятия	Лабора торные заняти я	Практиче ская подгот овка	
1	Раздел 1. Основы проектирования металлических конструкций	32	4	8	2		18
2	Раздел 2. Расчет металлических конструкций по предельным состояниям	32	4	8	2	-	18
3	Раздел 3. Соединения металлических конструкций	48	6	12	4	-	26
4	Раздел 4. Балки и балочные конструкции	52	6	16	4	-	26
5	Раздел 5. Центральные-сжатые колонны	40	6	10	3	-	21
6	Раздел 6. Каркасы промышленных зданий	84	10	18	3	-	53
Итого		288	36	72	18	-	162

3.2.2 Очно-заочная форма обучения

3.3 Содержание дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самос тояте льная работ а
			Лек ции	Семинар ские/ практиче ские занятия	Лабора торные заняти я	Практиче ская подгот овка	
1	Раздел 1. Основы проектирования металлических конструкций	30	4	6	2	-	18
2	Раздел 2. Расчет металлических конструкций по предельным состояниям	30	4	6	2	-	18
3	Раздел 3. Соединения металлических конструкций	46	6	10	4	-	26
4	Раздел 4. Балки и балочные конструкции	50	6	14	4	-	26
5	Раздел 5. Центральные-сжатые колонны	38	6	8	3	-	21
6	Раздел 6. Каркасы промышленных	34	10	16	3	-	65

	зданий						
	Итого	288	36	60	18	-	174

Раздел 1. Основы проектирования металлических конструкций

Тема 1. Введение. Основы металлических конструкций. Материалы, их структура и свойства. Область применения металлических конструкций. Их виды

Определение металлических конструкций как несущих элементов зданий и сооружений, выполненных из стали и алюминиевых сплавов. Область применения: промышленные здания (каркасы, подкрановые балки, фермы), большепролетные сооружения (стадионы, ангары, выставочные павильоны), мосты, башни, мачты, опоры ЛЭП, транспортные эстакады, гидротехнические затворы, грузоподъемные краны. Классификация металлических конструкций по назначению, по статической схеме (балочные, рамные, арочные, висячие), по способу соединения элементов (сварные, болтовые, клепаные).

Тема 2. Механические свойства сталей и алюминиевых сплавов. Понятия об упругости, пластичности, старении, выносливости, прочности, концентрации напряжений. Классификация сталей

Механические свойства: предел пропорциональности, предел текучести (физический и условный), временное сопротивление (предел прочности), относительное удлинение и сужение. Упругость – способность восстанавливать форму после снятия нагрузки. Пластичность – способность к необратимым деформациям без разрушения. Старение – изменение свойств стали во времени (естественное и искусственное). Выносливость – сопротивление усталостному разрушению при многократных нагрузках. Прочность – способность сопротивляться разрушению. Концентрация напряжений – локальное повышение напряжений в местах резких изменений формы (отверстия, вырезы, сварные швы, надрезы). Классификация сталей: по химическому составу (углеродистые, низколегированные, легированные), по качеству (обыкновенного качества, качественные, высококачественные), по назначению (для строительных конструкций, для мостостроения, для холодного климата), по ГОСТ и ТУ. Стали для строительных конструкций: С235, С245, С255, С285, С345, С355, С390, С440 – расшифровка марок (цифра – предел текучести в МПа).

Тема 3. Работа стали под нагрузкой. Понятия об ударной вязкости сталей, явлении наклёпа, хрупкое и вязкое разрушение

Диаграмма растяжения стали: упругая область (закон Гука), площадка текучести (для пластичных сталей), зона упрочнения, шейка и разрыв. Работа стали в упругой и пластической стадиях. Ударная вязкость (KCU, KCV) – способность стали сопротивляться динамическим нагрузкам (испытание на маятниковом копре). Наклёп (деформационное упрочнение) – увеличение прочности и снижение пластичности после пластических деформаций. Хрупкое разрушение – внезапное разрушение без заметных пластических деформаций (особенно опасно при низких температурах, ударных нагрузках, концентраторах напряжений). Вязкое разрушение – разрушение после значительных пластических деформаций. Влияние температуры на хрупкость стали (порог хладноломкости).

Раздел 2. Расчет металлических конструкций по предельным состояниям

Тема 1. Основы расчета металлических конструкций. Метод расчёта металлических конструкций. Первое и второе предельные состояния. Нормативные и расчётные нагрузки и сопротивления. Классификация нагрузок. Виды напряжённого состояния

элементов конструкций

Метод расчёта по предельным состояниям (СП 16.13330). Первая группа предельных состояний – потеря несущей способности (разрушение материала, потеря устойчивости формы, усталостное разрушение). Вторая группа предельных состояний – непригодность к нормальной эксплуатации (чрезмерные деформации – прогибы, перемещения; колебания; раскрытие трещин для ЖБК). Нормативные нагрузки – значения, установленные нормами (СП 20.13330). Расчётные нагрузки = нормативные нагрузки $\times$ коэффициент надёжности по нагрузке γ_f . Нормативные сопротивления – минимальные значения прочностных характеристик по результатам испытаний. Расчётные сопротивления = нормативные сопротивления $\times$ коэффициент надёжности по материалу γ_m . Классификация нагрузок: постоянные (собственный вес), временные длительные (оборудование), кратковременные (снеговые, ветровые, крановые), особые (сейсмические, взрывные, аварийные). Виды напряжённого состояния: линейное (одноосное – растяжение, сжатие), плоское (двухосное), объёмное (трёхосное). Элементарные виды деформаций: растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб.

Тема 2. Внецентренно сжатые колонны. Три типа внецентренно сжатых колонн производственных зданий

Внецентренное сжатие – совместное действие продольной силы и изгибающего момента. Типы колонн: постоянного по высоте сечения с консолью для подкрановой балки (при высоте до нижнего пояса фермы ≤ 12 м и грузоподъёмности кранов ≤ 20 т). Переменного по высоте сечения сплошные (при грузоподъёмности кранов 20–50 т) – состоящие из верхней (надкрановой) и нижней (подкрановой) частей разного сечения. Переменного по высоте сечения сквозные (при грузоподъёмности кранов > 20 т) – двухветвевые колонны с распорками или решёткой. Конструкции верхней и нижней частей колонны, сопряжение подкрановой и надкрановой частей. Расчёт внецентренно сжатых колонн: проверка прочности, устойчивости в плоскости и из плоскости действия момента, устойчивости ветвей (для сквозных колонн).

Раздел 3. Соединения металлических конструкций

Тема 1. Соединения металлических конструкций, их работа и расчет. Виды соединений. Сварные соединения. Болтовые соединения. Соединения на заклёпках. Преимущества и недостатки

Виды соединений: сварные, болтовые, заклёпочные (в настоящее время применяются редко, в основном при реконструкции и для конструкций из алюминиевых сплавов). Сварные соединения: стыковые (прямые и косые), угловые (лобовые, фланговые, косые, комбинированные). Преимущества сварки: экономия металла, жёсткость узлов, простота технологии. Недостатки: концентрация напряжений, хрупкие разрушения, необходимость контроля качества сварных швов. Болтовые соединения: болты нормальной точности (класс точности В, С) – работа на срез и смятие; болты повышенной точности (класс А) – работа на срез; высокопрочные болты – работа на трение. Преимущества болтовых соединений: простота монтажа, возможность замены элементов, высокая несущая способность высокопрочных болтов. Недостатки: повышенный расход металла (накладки, ослабление отверстиями). Заклёпочные соединения: принцип работы (заклёпка на горячую заполняет отверстие и создаёт трение), область применения – конструкции, работающие на вибрацию и динамические нагрузки.

Тема 2. Расчёт угловых и стыковых сварных швов

Расчёт стыковых сварных швов на растяжение и сжатие (проверка нормальных напряжений). Типы стыков: прямой (полная прочность при физическом контроле качества), косой (увеличенная длина шва). Расчёт угловых сварных швов: расчёт по

металлу шва (сечение 1) и по металлу границы сплавления (сечение 2) по СП 16.13330. Расчётная высота углового шва (катет шва k_f). Формулы прочности: $N \leq \beta_f \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_s$ и $N \leq \beta_z \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot \gamma_s$. Коэффициенты β_f и β_z (зависят от вида сварки, диаметра проволоки, положения шва). Расчётная длина шва l_w . Конструктивные требования: минимальный и максимальный катет шва, минимальная длина шва, максимальная длина лобового шва.

Тема 3. Расчёт болтовых соединений. Работа и расчёт соединений на высокопрочных болтах

Расчёт болтов нормальной точности (класс В, С) на срез и смятие: $N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A_b \cdot n_s$ (срез) и $N_{bp} = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot t \cdot n_s$ (смятие). Площадь болта A_b (брутто по номинальному диаметру). Коэффициент условий работы соединения γ_b . Расчёт высокопрочных болтов: несущая способность по трению $N_{bh} = R_{bh} \cdot \gamma_b \cdot A_{bh} \cdot \mu / \gamma_h$. Высокопрочные болты (класс прочности 8.8, 10.9, 12.9) – предварительное натяжение, контроль момента затяжки. Коэффициент трения μ (зависит от обработки поверхностей). Расчётные усилия, количество болтов в соединении. Конструктивные требования к размещению болтов (минимальные и максимальные расстояния).

Раздел 4. Балки и балочные конструкции

Тема 1. Балки и балочные конструкции. Нормальный и усложнённый тип балочных конструкций. Балки настила, вспомогательные балки, главные балки. Типы сопряжения балок

Балочные конструкции – системы из балок, работающие в основном на изгиб. Нормальный тип балочной клетки: балки настила (опираются на главные балки или на стены). Усложнённый тип: балки настила опираются на вспомогательные балки, которые опираются на главные балки (уменьшает шаг балок настила). Балки настила – часто расставленные балки (шаг 0,6–1,2 м), воспринимающие нагрузку от настила. Вспомогательные балки – передают нагрузку от балок настила на главные балки. Главные балки – основные несущие элементы, передающие нагрузку на колонны. Типы сопряжения балок: этажное (балки настила укладываются поверх главных – просто, но увеличивает строительную высоту), пониженное (балки настила прикрепляются к стенке главных балок – уменьшает высоту), в одном уровне (соединение через накладки и болты).

Тема 2. Расчёт балок настила и второстепенных балок. Расчёт стального настила. Определение шага балок настила

Расчёт балок настила: определение погонной нагрузки (от собственного веса, настила, полезной нагрузки), подбор сечения по прочности (изгибающий момент, требуемый момент сопротивления $W_{tr} = M / (R_y \cdot \gamma_s)$), проверка жёсткости (прогиб $f \leq f_u$). Шаг балок настила – определяется размерами настила (обычно 0,6–1,2 м) и условиями жёсткости настила. Расчёт стального настила (листы толщиной 6–12 мм): проверка на прочность от местного изгиба (изгиб полосы единичной ширины), проверка жёсткости. Расчёт сварного настила (приварка к балкам настила).

Тема 3. Расчёт высоты сварной составной главной балки. Расчёт балки на общую и местную устойчивость

Составная сварная балка – из трёх листов (верхний пояс, нижний пояс, стенка). Выбор высоты балки: минимальная высота по жёсткости (из условия предельного прогиба), оптимальная высота по массе (минимум массы балки, $h_{opt} = 1,15 \cdot \sqrt{(W_{tr} / t_w)}$), строительная высота (ограничение из общей высоты здания). Компоновка сечения: толщина стенки (6–14 мм, из условия среза), размеры поясов (ширина, толщина). Расчёт

на общую устойчивость балки (потеря устойчивости плоской формы изгиба) – проверка условной гибкости, расстановка рёбер жёсткости. Расчёт на местную устойчивость: стенки балки – проверка на сдвиг (устойчивость от касательных напряжений), расстановка поперечных рёбер жёсткости; поясов – проверка местной устойчивости свеса пояса.

Тема 4. Расчёт монтажного стыка главной балки

Монтажные стыки – соединения элементов балки на стройплощадке. Расположение стыка (обычно в зоне с меньшим изгибающим моментом – около $1/3$ пролёта). Типы стыков: сварные (с разделкой кромок, контроль качества сварных швов), болтовые (с накладками на высокопрочных болтах). Расчёт монтажного стыка: определение усилий в поясах (изгибающий момент, приходящийся на пояса) и стенке. Расчёт болтов (или сварных швов) для поясов. Расчёт накладок и болтов для стенки на действие поперечной силы и части изгибающего момента.

Раздел 5. Центально-сжатые колонны

Тема 1. Центально сжатые колонны. Виды колонн (сплошного сечения и сквозные). Типы сечений колонн. Подбор сечения колонн. Их расчёт на устойчивость

Центально-сжатые колонны – передают вертикальную нагрузку на фундамент. Виды колонн: сплошные (из прокатных профилей – двутавры, трубы, прямоугольные трубы; сварные из трёх листов – швеллерные, двутавровые, крестовые). Сквозные колонны (из двух ветвей, соединённых планками или решёткой). Расчёт колонн: подбор сечения из условия устойчивости $N / (\varphi \cdot A) \leq R_y \cdot \gamma_s$. Коэффициент продольного изгиба φ (зависит от гибкости λ и расчётного сопротивления R_y). Гибкость $\lambda = l_{ef} / i$ (расчётная длина, радиус инерции). Проверка устойчивости относительно оси X и оси Y. Конструктивные требования: предельная гибкость ($\lambda \leq 120-150$).

Тема 2. Определение расстояния между ветвями колонн и расстояния между соединительными планками. База колонны и её оголовки. Анкеровка опорной плиты колонны

Сквозные колонны: расстояние между ветвями ($b = (3-4) \cdot i_{y1}$) – определяется из условия равноустойчивости ($\lambda_x = \lambda_y$). Соединительные планки (распорки) – шарнирные звенья, работают на поперечную силу. Расчёт планок на срез и изгиб. Расстояние между планками (l_b) – из условия гибкости ветви между планками. База колонны – узел опирания колонны на фундамент. Типы баз: шарнирные, жёсткие. Составные части базы: опорная плита (передаёт нагрузку от колонны на фундамент), траверсы (передают усилие от стержня колонны на плиту), рёбра жёсткости, анкерные болты (фиксируют положение колонны). Расчёт опорной плиты: определение толщины из условия изгиба на разных участках (консольные, опёртые на 3 стороны, опёртые на 4 стороны). Анкеровка опорной плиты – расчёт анкерных болтов на срез и растяжение (в зависимости от типа базы). Оголовки колонны – узел передачи нагрузки от вышележащих конструкций (балок, ферм) на стержень колонны. Типы оголовков: с фрезерованным торцом, с опорной плитой и рёбрами.

Раздел 6. Каркасы промышленных зданий

Тема 1. Компоновка одноэтажных производственных зданий и расчет их каркасов. Составные элементы каркаса. Вертикальные и горизонтальные размеры, учитываемые при компоновке

Одноэтажное промышленное здание – каркасная система. Составные элементы каркаса: колонны (крайние и средние), подкрановые балки, стропильные фермы (или балки), связи (вертикальные и горизонтальные), плиты покрытия, фундаменты. Вертикальные размеры:

высота до низа фермы (H_0), высота подкрановой части (H_p), высота надкрановой части (H_b). Горизонтальные размеры: пролёт здания ($L = 12, 18, 24, 30, 36$ м), шаг колонн ($B = 6$ или 12 м), привязка колонн к разбивочным осям (250 или 500 мм), высота сечения колонны (h_n, h_b).

Тема 2. Методы расчёта поперечной рамы. Нагрузки, учитываемые при расчёте рамы. Расчётные сочетания нагрузок. Определение внутренних усилий, необходимых для расчёта колонны

Поперечная рама – основной несущий элемент каркаса (колонны + ферма). Методы расчёта рамы: метод сил, метод перемещений, использование программных комплексов (ЛИРА-САПР, SCAD). Нагрузки на раму: постоянные (собственный вес покрытия, стен, колонн); снеговая (равномерная и неравномерная); крановые (вертикальное давление от крана на подкрановую балку, горизонтальное торможение тележки); ветровая (с наветренной и подветренной стороны, активное и пассивное давление). Расчётные сочетания нагрузок: основные (постоянная + одна временная; постоянная + две временные с коэффициентом сочетания $0,9$), особые (постоянная + снеговая + ветровая + крановая + сейсмическая/взрывная). Определение внутренних усилий в колонне: изгибающий момент M , продольная сила N , поперечная сила Q (в верхнем и нижнем сечении, в месте изменения сечения – для колонн переменного сечения).

Тема 3. Подкрановые конструкции, конструирование и расчёт. Типы подкрановых балок. Определение высоты балки. Расчёт крановой нагрузки. Виды тормозных устройств. Расчёт их напряжённого состояния. Узлы сопряжения тормозной конструкции с подкрановой балкой

Подкрановые балки – воспринимают нагрузку от мостовых кранов. Типы: сплошностенчатые (одностенчатые, двухстенчатые), решётчатые (фермы). Высота подкрановой балки ($h = 1/6–1/8$ пролёта, обычно $500–1600$ мм). Расчёт крановой нагрузки: вертикальное давление колёс крана (с учётом коэффициентов динамичности, сочетания), горизонтальное торможение тележки. Тормозные устройства – воспринимают горизонтальные нагрузки от кранов (продольное и поперечное торможение). Виды: тормозные балки (из прокатных профилей), тормозные фермы (с решёткой). Расчёт тормозных конструкций на горизонтальные нагрузки. Узлы сопряжения тормозной конструкции с подкрановой балкой (сварные, болтовые, с накладками).

Тема 4. Стропильные фермы покрытий зданий. Виды ферм. Конструирование и расчёт. Область применения ферм

Фермы – стержневые системы, работающие в основном на растяжение и сжатие. Область применения: покрытия зданий (стропильные и подстропильные фермы), мосты, опоры ЛЭП, башни, мачты, гидротехнические затворы, грузоподъёмные краны. Виды ферм по очертанию поясов: с параллельными поясами, трапециевидные, треугольные, сегментные (арочные), полигональные. По решётке: треугольная, раскосная (с восходящими или нисходящими раскосами), шпренгельная, с крестовой решёткой. Конструирование ферм: типы сечений стержней (парные уголки, одиночные уголки, трубы, гнутые замкнутые профили), узловые сопряжения (сварка, болты), монтажные стыки. Расчёт ферм: определение усилий в стержнях (метод вырезания узлов, метод сквозных сечений, графический метод); подбор сечений сжатых и растянутых стержней (по устойчивости, по прочности, по предельной гибкости); конструирование опорных и промежуточных узлов.

Тема 5. Геометрические схемы ферм, их очертание, виды решётки. Фермы с параллельными поясами, трапециевидные, треугольные, сегментные. Методы определения усилий в стержнях ферм. Подбор сечений элементов ферм.

Конструирование узлов ферм

Геометрическая схема фермы – определяет форму поясов и решётку. Фермы с

параллельными поясами – просты в изготовлении, используются при пологой кровле (уклон 1–5%). Трапецеидальные фермы – уклон верхнего пояса 1:12–1:8, применяются для скатных кровель. Треугольные фермы – большая высота в середине пролёта, используются для крутых кровель (уклон > 30%), а также для башен и мачт. Сегментные фермы (арочные) – криволинейный верхний пояс, экономичны по расходу металла, но сложнее в изготовлении. Виды решётки: треугольная (наиболее жёсткая), раскосная (с восходящими или нисходящими раскосами), шпренгельная (при больших пролётах), крестовая (при знакопеременных усилиях). Методы определения усилий в стержнях ферм: метод вырезания узлов (последовательное рассмотрение равновесия каждого узла), метод сквозных сечений (Риттера) – разрезание фермы на две части, метод замены стержней (по Геннебергу), графический метод (построение диаграммы Максвелла-Кремоны). Подбор сечений: для растянутых стержней – по прочности ($A_{тр} = N / (R_y \cdot \gamma_c)$); для сжатых стержней – по устойчивости ($A_{тр} = N / (\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c)$), предварительное задание гибкости $\lambda = 60–100$). Конструирование узлов: опорный узел (передача нагрузки на колонну), промежуточные узлы (примыкание раскосов и стоек к поясам), монтажные стыки (стыковка двух полуферм). Требования к сварным швам в узлах – равнопрочное прикрепление.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

1. Материалы, их структура и свойства. Область применения металлических конструкций. Их виды. Механические свойства сталей и алюминиевых сплавов. Понятия об упругости, пластичности, старении, выносливости, прочности, концентрации напряжений. Классификация сталей.

2. Работа стали под нагрузкой. Основы расчета металлических конструкций. Понятия об ударной вязкости сталей, явлении наклепа, хрупкое и вязкое разрушение. Метод расчёта металлических конструкций. Первое и второе предельное состояния. Нормативные и расчётные нагрузки и сопротивления. Классификация нагрузок. Виды напряжённого состояния элементов конструкций.

3. Соединения металлических конструкций, их работа и расчет. Виды соединений металлических конструкций. Сварные соединения. Болтовые соединения. Соединения на заклёпках. Преимущества и недостатки. Расчёт угловых и стыковых сварных швов. Расчёт болтовых соединений. Работа и расчёт соединений на высокопрочных болтах.

Балки и балочные конструкции. Нормальный и усложнённый тип балочных конструкций. Балки настила, вспомогательные балки, главные балки. Типы сопряжения балок. Расчёт балок настила и второстепенных балок. Расчёт высоты сварной, составной главной балки. Расчёт балки на общую и местную устойчивость. Определение шага балок настила. Расчёт стального настила. Расчёт монтажного стыка главной балки.

Центрально сжатые колонны. Виды колонн (сплошного сечения и сквозные). Типы сечений колонн. Подбор сечения колонн. Их расчёт на устойчивость. Определение

расстояния между ветвями колонн и расстояния между соединительными планками. Составные части базы колонны и её оголовка. Их расчёт. Анкеровка опорной плиты колонны.

1. Внецентренно сжатые колонны. Три типа внецентренно сжатых колонн производственных зданий:

-постоянного по высоте сечения с консолью для подкрановой балки, применяемые при высоте до нижнего пояса фермы не более 12 м и грузоподъемностью мостовых кранов не более 20т;

-переменного по высоте сечения сплошные и сквозные, применяемые в каркасах промышленных зданий при грузоподъемности мостовых кранов более 20т. Конструкции верхней (надкрановой) и нижней частей колонны.

2. Компонировка одноэтажных производственных зданий и расчет их каркасов. Составные элементы каркаса. Вертикальные и горизонтальные размеры, учитываемые при компоновке. Методы расчёта поперечной рамы. Нагрузки, учитываемые при расчёте рамы. Расчётные сочетания нагрузок. Определение внутренних усилий, необходимых для расчёта колонны.

3. Подкрановые конструкции, конструирование и расчёт. Типы подкрановых балок. Их расчёт. Определение высоты балки. Расчёт крановой нагрузки. Виды тормозных устройств. Расчёт их напряжённого состояния. Узлы сопряжения тормозной конструкции с подкрановой балкой.

4. Стропильные фермы покрытий зданий. Виды ферм. Конструирование и расчёт. Геометрические схемы ферм, их очертание, виды решетки. Фермы с параллельными поясами, трапецеидальные, треугольные, сегментные. Методы определения усилий в стержнях ферм. Подбор сечений элементов ферм. Конструирование узлов ферм.

3.4.2 Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Содержание работы
1	Испытание стальной прокатной балки на поперечный изгиб	Определение экспериментально и теоретически нормальные напряжения в поперечном сечении балки, проверка закона их распределения по сечению.
2	Испытание стального бруса на сжатие	Проверка закона распределения нормальных напряжений по поперечному сечению в зависимости от эксцентриситета приложения продольной сжимающей силы.
3	Испытание стальной полосы на продольный изгиб	Проведение наблюдений над явлением потери устойчивости прямолинейного центрально сжатого стержня и определить экспериментально и теоретически величину критической силы.
4	Исследование болтовых соединений	Определение физико-механических характеристик стали
	Исследование сварных	Определение физико-механических

5	соединений	характеристик стали
---	------------	---------------------

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. **СП 16.13330.2017** «Стальные конструкции» (актуализированная редакция СНиП II-23-81*). Утверждён приказом Минстроя России № 126/пр от 27.02.2017, введен в действие с 28.08.2017. Действующая редакция (предыдущая версия СП 16.13330.2011 утратила силу).
2. **СП 20.13330.2016** «Нагрузки и воздействия» (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*). Содержит значения нагрузок и воздействий, а также предельные значения прогибов и перемещений элементов конструкций.
3. **СП 22.13330.2016** «Основания зданий и сооружений» (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*).
4. **СП 43.13330.2012** «Сооружения промышленных предприятий» (актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85).
5. **ГОСТ 27772-2021** «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия» – определяет требования к фасонному, листовому, широкополосному универсальному прокату и гнутым профилям для стальных конструкций.
6. **ГОСТ 27751-2014** «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения».
7. **ГОСТ 2601-84** «Сварка металлов. Термины и определения основных понятий».
8. **ГОСТ Р ИСО 857-1-2009** «Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1. Процессы сварки».
9. **ГОСТ 535-2005** «Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия».
10. **ГОСТ 19281-2014** «Прокат повышенной прочности. Общие технические условия».
11. **ГОСТ 30245-2003** «Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительства. Технические условия».

4.2 Основная литература

1. **Кудишин, Ю. И.** Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева [и др.]; под ред. Ю. И. Кудишина. – 13-е изд., стер. – Москва: Академия, 2019. – 688 с. – ISBN 978-5-4468-3880-0.
2. **Горев, В. В.** Металлические конструкции. В 3 т. / В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов и др.; под ред. В. В. Горева. – 2-е изд., испр. – Москва: Высшая школа, 2020. – 551 с. – ISBN 978-5-06-005816-5.
3. **Тропкин, В. В.** Стальные конструкции зданий и сооружений: учебное пособие / В. В. Тропкин, В. И. Ефимова, С. А. Шабанов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/162345>

4.3 Дополнительная литература

1. **Беленя, Е. И.** Металлические конструкции: учебник для вузов / Е. И. Беленя, В. А. Балдин, Г. С. Ведеников [и др.]; под общ. ред. Е. И. Беленя. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1986. – 560 с.

2. **Муханов, К. К.** Металлические конструкции: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / К. К. Муханов. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2017. – 288 с. – ISBN 978-5-4468-3789-6.
3. **Пикус, Г. А.** Примеры расчёта стальных конструкций: учебное пособие / Г. А. Пикус, А. А. Пикус, Л. С. Ушакова. – Москва: Издательство АСВ, 2018. – 240 с.
4. **Лейтес, С. Д.** Справочник по определению свободных длин элементов стальных конструкций / С. Д. Лейтес. – Москва: Издательство АСВ, 2017. – 108 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. **Электронно-библиотечная система «Лань»** – коллекции «Инженерно-технические науки», «Строительство». Содержит учебники по металлическим конструкциям и расчёту стальных конструкций. Доступ: <https://e.lanbook.com>
2. **ЭБС «Университетская библиотека онлайн»** – учебные и научные издания по металлическим конструкциям, расчёту соединений, устойчивости. Доступ: <https://biblioclub.ru>
3. **ЭБС IPR SMART** – учебники и справочные пособия по проектированию стальных конструкций. Доступ: <https://www.iprbookshop.ru>
4. **Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»** – открытый доступ к научным статьям по стальным конструкциям, расчёту балок, колонн, ферм. Доступ: <http://cyberleninka.ru>
5. **Национальная электронная библиотека (НЭБ)** – единый портал, объединяющий фонды российских библиотек, содержит нормативную и техническую литературу. Доступ: <http://нэб.рф>
6. **Электронная библиотека Московского политехнического университета** – учебно-методические материалы. Доступ: <http://lib.mami.ru/ebooks>
7. **Библиотека нормативной документации (files.stroyinf.ru)** – своды правил (СП), ГОСТы в свободном доступе. Доступ: <http://files.stroyinf.ru>
8. **Электронный правовой справочник «Гарант»** – полные тексты СП 16.13330.2017 и других нормативных документов. Доступ: <https://www.garant.ru>
9. **Справочная правовая система «КонсультантПлюс»** – законодательство в сфере строительства и проектирования стальных конструкций.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. **Операционная система Windows** (лицензионная версия, используемая в компьютерных классах университета).
2. **Microsoft Office** (Word, Excel, PowerPoint) – для подготовки отчётов, расчётных таблиц, презентаций.
3. **ЛИРА-САПР** (учебная версия) – программный комплекс для расчёта строительных конструкций методом конечных элементов, включая стальные конструкции.
4. **SCAD Office** (учебная версия) – расчёт строительных конструкций, доступен на сайте разработчика.
5. **FEMAP / Nastran** – для конечно-элементного моделирования стальных конструкций (учебная версия).
6. **nanoCAD** (бесплатная версия) – система автоматизированного проектирования для оформления чертежей металлических конструкций (КМ, КМД).
7. **MathCAD** или **MATLAB** – для математической обработки результатов расчётов.
8. **Антивирусное ПО** (Avast Free Antivirus или аналоги) – обеспечение безопасной работы в компьютерных классах.

9. **Adobe Acrobat Reader** (бесплатная версия) – для работы с электронными учебными материалами и нормативной документацией.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. **NormaCS 2.0** – Отраслевая информационно-поисковая система по нормативным документам в строительстве и проектировании. Содержит полные тексты СП 16.13330.2017 (с ключевыми словами: центрально и внецентренно сжатые, изгибаемые элементы, колонны, стойки, фермы, связи, балки, балки крановых путей) и других нормативных документов . Доступ: <https://normacs.info>
2. **Справочная правовая система «КонсультантПлюс»** – содержит полные тексты СП 16.13330.2017, СП 20.13330.2016, ГОСТ 27772-2021 и другие нормативные документы в области строительства.
3. **Справочная правовая система «Гарант»** – нормативно-правовая база в сфере строительства и проектирования стальных конструкций. Доступ: <https://www.garant.ru>
4. **Техэксперт (Интегрум)** – база данных нормативно-технической документации с удобным поиском по ключевым словам. Содержит разделы: строительство, стальные конструкции, расчёт соединений .
5. **База данных RSCI на платформе eLibrary.ru** – научные журналы по металлическим конструкциям, строительной механике, устойчивости, расчёту рам и ферм. Доступ: <https://elibrary.ru>
6. **Международная база данных Scopus (Elsevier)** – рецензируемые публикации по направлениям Civil and Structural Engineering, Steel Structures, Stability of Structures.
7. **Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics)** – международная база данных с разделами Engineering Civil, Mechanics, Materials Science.
8. **Портал «Евраз3СМК»** – профессиональный ресурс по металлическим конструкциям, содержащий калькуляторы и справочные материалы .
9. **Федеральный портал «Росстандарт»** – официальная информация о стандартах и сводах правил в области строительства . Доступ: <https://www.gost.ru>

5 Материально-техническое обеспечение

5.1 Учебные аудитории и помещения

п/п	Наименование аудитории	Назначение	Оснащение
	Лекционная аудитория (вместимостью не менее 50 посадочных мест)	Проведение лекционных занятий	Стационарный или переносной мультимедийный проектор, экран (или интерактивная доска), компьютер (ноутбук) с программным обеспечением, учебная доска (меловая или маркерная), микрофон (при

			необходимости)
	Аудитория для практических и семинарских занятий (на 25-30 посадочных мест)	Проведение практических занятий, семинаров, групповых консультаций	Мультимедийный проектор или телевизор, компьютер (ноутбук), учебная доска, чертежные столы или парты с возможностью выполнения эскизов
	Лаборатория металлических конструкций	Проведение лабораторных работ по испытанию образцов, соединений, узлов	См. раздел 5.2. Лабораторное оборудование и приборы
	Компьютерны й класс (на 12-15 рабочих мест)	Компьютерное моделирование, расчёт в специализированных программах, самостоятельная работа	Стационарные компьютеры с установленным лицензионным программным обеспечением (ЛИРА-САПР, SCAD, nanoCAD), выход в интернет, локальная сеть, мультимедийный проектор
	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал/коворкинг)	Самостоятельная подготовка, выполнение расчётно-графических работ	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду организации, библиотечный фонд учебной и нормативной литературы

5.2 Лабораторное оборудование и приборы

5.2.1 Оборудование для испытания образцов и элементов металлических конструкций

п/п	Наименование оборудования	Назначение
	Разрывная машина (Р-5, Р-10, Р-20, Р-50 или аналог)	Испытание образцов арматурной стали и металлических образцов на растяжение: определение предела текучести, временного сопротивления, относительного удлинения

	Гидравлический пресс (П-50, П-100 или аналог)	Испытание на сжатие (для крупных образцов, колонн)
	Универсальная испытательная машина (электромеханическая или гидравлическая)	Статические и циклические испытания образцов на растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг
	Маятниковый копер (МК-75 или аналог)	Определение ударной вязкости металлов (KCU, KCV)
	Стенд для испытания сварных соединений	Испытание стыковых и угловых сварных швов на прочность
	Стенд для испытания болтовых соединений	Испытание болтов (нормальной точности и высокопрочных) на срез, смятие и трение
	Стенд для испытания балок на изгиб	Испытание стальных балок на прочность и жёсткость, определение прогибов

5.2.2 Оборудование для исследования свойств металлов

п/п	Наименование оборудования	Назначение
	Твердомер (Бринелля, Роквелла, Виккерса)	Определение твёрдости металлов
	Металлографический микроскоп	Изучение микроструктуры стали, выявление дефектов (неметаллические включения, флокены)
	Ультразвуковой дефектоскоп (для металла)	Неразрушающий контроль сварных швов (поиск трещин, пор, непроваров)
	Магнитный дефектоскоп (для металла)	Контроль качества сварных швов и основного металла
	Прибор для измерения твёрдости металлоконструкций (переносной ультразвуковой или электромагнитный)	Определение твёрдости металлоконструкций в полевых условиях

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование.

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категориальный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на занятии с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме устного ответа с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе контрольных вопросов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий зачет или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания по работе над конспектом лекций во время и после проведения лекции

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия: вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Методические указания к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчета показателей, ответить на контрольные вопросы.

В течение практического занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, что зачитывается как текущая работа студента.

Методические указания по выполнению контрольной работы

Для закрепления практических навыков студентам могут быть выданы типовые индивидуальные задания, которые должны быть сданы в установленный преподавателем срок. Выполненные задания оцениваются на оценку.

Цель выполнения индивидуальной контрольной работы: проверка умений и навыков самостоятельного решения конкретных задач по данному разделу дисциплины, проверка логического обоснования решения, умений применения теоретических знаний к решению задач.

Методические рекомендации для самостоятельной работы

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа направлена на самостоятельное изучение отдельной темы учебной дисциплины и является обязательной для каждого обучающегося, ее объем определяется учебным планом. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету/экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;
- выполнение расчетно-графической работы.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос, собеседование (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины (п. 7.3.1)
2	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Комплект тестовых заданий по разделам дисциплины (п. 7.3.1)
3	Контрольная	Средство проверки умений применять	Комплект

	работа (К/Р)	полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	контрольных заданий по разделам дисциплины (п. 7.3.1)
4	Лабораторная работа (ЛР)	Средство проверки умений применять полученные теоретические знания на практике при работе с оборудованием и приборами.	Комплект заданий для выполнения лабораторных работ (п. 7.3.1)
5	Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений выполнять расчеты и оформлять графическую часть в соответствии с требованиями нормативной документации.	Темы расчетно-графических работ (п. 7.3.1)
6	Зачет	Итоговая форма оценки знаний по результатам выполнения всех видов учебной работы в 5/6 семестре.	Вопросы к зачету (п. 7.3.2)
7	Экзамен	Итоговая форма оценки знаний по результатам выполнения всех видов учебной работы в 6/7 семестре.	Вопросы к экзамену (п. 7.3.2)

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1 Промежуточная аттестация: зачет (5/6 семестр)

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по дисциплине в 5/6 семестре, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине, методом экспертной оценки.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

	При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.2.2 Промежуточная аттестация: экзамен (6/7 семестр)

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по дисциплине в 6/7 семестре, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Обучающийся демонстрирует знание теоретического материала, умение применять теоретические сведения для анализа практического материала, освоение всех показателей формируемых компетенций.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, но правильное соответствие знаний, умений, навыков показателям, либо если при этом были допущены 2–3 несущественные ошибки. Обучающийся ориентируется в теоретическом материале, но затрудняется в ответах на некоторые вопросы.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. Обучающийся показал недостаточные знания теоретического материала, не всегда с правильным применением

	специальных терминов.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Формы текущего контроля: устный опрос (УО), тест (Т), контрольная работа (К/Р), лабораторные работы (ЛР), расчетно-графическая работа (РГР).

Вопросы для устного опроса по разделам дисциплины «Металлические конструкции»

Раздел 1. Основы проектирования металлических конструкций

1. Области применения металлических конструкций, достоинства и недостатки сталей.
2. Строительные стали – общие сведения, группы и марки сталей для металлоконструкций.
3. Сортамент строительных сталей (прокатные профили: двутавры, швеллеры, уголки, трубы).
4. Механические свойства сталей: прочность, упругость, пластичность, ударная вязкость.
5. Диаграмма растяжения стали: упругая область, площадка текучести, зона упрочнения.
6. Классификация сталей по химическому составу, качеству, степени раскисления.
7. Влияние легирующих элементов и вредных примесей на свойства стали.
8. Явления старения, наклёпа, хладноломкости стали.

Раздел 2. Расчет металлических конструкций по предельным состояниям

9. Метод расчёта металлических конструкций по предельным состояниям.
10. Первая и вторая группы предельных состояний.
11. Нормативные и расчётные нагрузки. Коэффициент надёжности по нагрузке γ_f .
12. Нормативные и расчётные сопротивления стали. Коэффициент надёжности по материалу γ_m .
13. Классификация нагрузок: постоянные, временные длительные, кратковременные, особые.
14. Виды напряжённого состояния элементов конструкций.
15. Расчёт центрально-растянутых и центрально-сжатых элементов.
16. Устойчивость сжатых стержней. Коэффициент продольного изгиба φ .

Раздел 3. Соединения металлических конструкций

17. Виды соединений металлических конструкций: сварные, болтовые, заклёпочные.
18. Сварные соединения: стыковые и угловые швы. Преимущества и недостатки.
19. Расчёт стыковых сварных швов на растяжение и сжатие.
20. Расчёт угловых сварных швов по металлу шва и по металлу границы сплавления.
21. Болтовые соединения: болты нормальной точности и высокопрочные болты.
22. Расчёт болтовых соединений на срез и смятие.

23. Расчёт соединений на высокопрочных болтах (работа на трение).

24. Конструктивные требования к размещению болтов.

Раздел 4. Балки и балочные конструкции

25. Виды балок и балочных клеток (нормальный и усложнённый тип).

26. Балки настила, вспомогательные балки, главные балки. Типы сопряжения балок.

27. Расчёт прокатных балок (балок настила).

28. Расчёт стального настила. Определение шага балок настила.

29. Компонировка и расчёт сварной составной балки.

30. Изменение сечения составной балки по длине.

31. Обеспечение общей устойчивости балок. Расстановка рёбер жёсткости.

32. Обеспечение местной устойчивости стенки и поясов балки.

33. Расчёт монтажного стыка главной балки.

Раздел 5. Центально-сжатые колонны

34. Типы колонн: сплошные и сквозные.

35. Типы сечений колонн (двутавровые, швеллерные, трубчатые, составные).

36. Подбор сечения центрально-сжатой сплошной колонны.

37. Расчёт центрально-сжатой сквозной колонны. Определение расстояния между ветвями.

38. Расчёт соединительных планок (распорок) сквозной колонны.

39. Конструкция и расчёт базы колонны (опорной плиты, траверс, рёбер жёсткости).

40. Анкеровка опорной плиты колонны.

41. Конструкция и расчёт оголовка колонны.

Раздел 6. Каркасы промышленных зданий

42. Внецентренно-сжатые колонны: типы, конструктивные решения.

43. Компонировка одноэтажного производственного здания. Вертикальные и горизонтальные размеры.

44. Поперечные рамы каркаса. Методы расчёта поперечной рамы.

45. Нагрузки, учитываемые при расчёте рамы (постоянные, снеговые, крановые, ветровые).

46. Определение внутренних усилий в колонне (M, N, Q).

47. Подкрановые балки: типы, конструирование, расчёт.

48. Тормозные устройства (балки, фермы): назначение, расчёт.

49. Стропильные фермы: классификация, геометрические схемы (с параллельными поясами, трапециевидные, треугольные, сегментные).

50. Виды решётки ферм (треугольная, раскосная, шпренгельная, крестовая).

51. Методы определения усилий в стержнях ферм (метод вырезания узлов, метод сквозных сечений).

52. Подбор сечений элементов ферм (сжатых и растянутых стержней).

53. Конструирование узлов ферм (опорные и промежуточные узлы).

Типовые тестовые задания для текущего контроля

Вариант теста № 1 (по разделам 1-2)

1. Метод расчёта металлических конструкций в РФ основан на:

- А) методе допускаемых напряжений
- Б) методе предельных состояний
- В) методе конечных элементов

Правильный ответ: Б

2. Площадка текучести на диаграмме растяжения стали характеризуется:

- А) ростом деформаций без приращения напряжений

- Б) отсутствием роста напряжений и деформаций
- В) ростом напряжений без приращения деформаций

Правильный ответ: А

3. Сколько групп предельных состояний включает метод предельных состояний?

- А) одну
- Б) две
- В) три

Правильный ответ: Б

4. Расчётную нагрузку получают умножением нормативной нагрузки на коэффициент:

- А) γ_c
- Б) γ_f
- В) γ_m

Правильный ответ: Б

5. Класс стали С245 означает, что предел текучести составляет:

- А) 245 кгс/см²
- Б) 245 МПа
- В) 245 Па

Правильный ответ: Б

Расчетно-графические работы (РГР)

РГР № 1 (5/6 семестр, к зачету): «Проектирование балочной клетки и центрально-сжатой колонны»

Содержание:

1. Компоновка балочной клетки (нормальный тип).
2. Расчёт стального настила и балок настила.
3. Расчёт главной сварной составной балки (компоновка сечения, проверка прочности, жёсткости, устойчивости).
4. Расчёт монтажного стыка главной балки.
5. Расчёт центрально-сжатой колонны (сплошной или сквозной).
6. Конструирование и расчёт базы и оголовка колонны.
7. Графическая часть: схема балочной клетки, сечение балки и колонны, узлы (формат А1).

РГР № 2 (6/7 семестр, к экзамену): «Проектирование каркаса одноэтажного промышленного здания»

Содержание:

1. Компоновка поперечной рамы промышленного здания.
2. Сбор нагрузок (постоянные, снеговые, крановые, ветровые).
3. Определение усилий в колонне (М, N, Q) от различных нагрузок.
4. Расчёт внецентренно-сжатой колонны (сплошной или сквозной).
5. Расчёт подкрановой балки и тормозной конструкции.
6. Расчёт стропильной фермы (геометрическая схема, усилия в стержнях, подбор сечений, конструирование узлов).
7. Графическая часть: поперечный разрез здания, узел колонны, ферма (формат А1).

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в 5/6 семестре – зачет

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам к зачету. К зачету допускаются студенты, выполнившие и защитившие РГР № 1, лабораторные работы (№ 1-5) и успешно прошедшие текущий контроль (устный опрос, тестирование, контрольные работы).

Структура зачета (5/6 семестр):

Часть	Содержание
Теоретическая часть	Ответ на 2-3 вопроса из перечня вопросов к зачету (по разделам 1-4)
Практическая часть	Защита расчетно-графической работы № 1 (презентация основных результатов, ответы на вопросы)

Промежуточная аттестация в 6/7 семестре – экзамен

Экзамен проводится в форме устного собеседования по экзаменационным билетам. Каждый билет включает два теоретических вопроса (из разных разделов) и одну практическую задачу.

Структура экзаменационного билета (6/7 семестр):

Часть	Содержание	Оценивание
Теоретический вопрос 1	Из разделов 1-3 (основы проектирования, нагрузки, соединения)	30 баллов
Теоретический вопрос 2	Из разделов 4-6 (балки, колонны, каркасы промышленных зданий)	30 баллов
Практическая задача	Расчёт элемента конструкции (балки, колонны, соединения)	40 баллов
Итого		100 баллов