

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Озерский технологический институт -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора по УР  
\_\_\_\_\_ О.В. Федорова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Численные методы расчета строительных конструкций**

Направление подготовки (специальность) 08.03.01 Строительство

Профиль подготовки (при его наличии) -

Наименование образовательной программы (специализация) Промышленное, гражданское и энергетическое строительство

Квалификация (степень) выпускника Бакалавр

Форма обучения очная

г Озерск, 2026 г.

Семестр	Интерактив	Трудоёмкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	24	3	108	34	34	-	38	-	Э / 36 часов
ИТОГО	24	3	108	34	34	-	38	-	36

### **Аннотация**

Дисциплина «Численные методы расчета строительных конструкций» направлена на изучение методов численного моделирования и анализа поведения строительных конструкций зданий и сооружений. Она предназначена для студентов направления подготовки «Строительство». Курс включает теоретическое освоение основных подходов и алгоритмов численных методов, применяемых в строительной отрасли, а также приобретение практических навыков решения инженерных задач с использованием специализированных программных комплексов. Особое внимание уделяется изучению методик оценки прочности, устойчивости и долговечности строительных конструкций, а также обучению современным компьютерным технологиям моделирования.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью освоения дисциплины** «Численные методы расчета строительных конструкций» является формирование у студентов глубоких знаний и практических навыков в области численных методов расчета строительных конструкций, необходимых для эффективного проектирования и анализа строительных сооружений различной сложности.

#### **Задачи освоения дисциплины**

1. Освоение фундаментальных положений и алгоритмов численных методов расчета строительных конструкций.
2. Получение навыков алгоритмизации и программирования численных методов для решения задач проектирования и анализа.
3. Понимание принципов реализации численных методов в современных программах автоматизированного проектирования.
4. Формирование способностей оценивать надежность, долговечность и экономичность строительных конструкций на основе численных моделей.
5. Развитие умений выбирать наиболее подходящие численные методы для конкретного типа конструкционного элемента или сооружения.
6. Повышение квалификации в применении средств автоматизированного проектирования для оптимизации конструктивных решений.
7. Самостоятельное развитие знаний и навыков в области численных методов и их приложений в современной проектной практике

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО**

Учебная дисциплина «Численные методы расчета строительных конструкций» входит в профессиональный модуль обязательной части ОП ВО по подготовке выпускников по направлению «Строительство».

Изучение дисциплины формирует у обучающихся необходимые профессиональные компетенции для освоения других дисциплин ОП при подготовке бакалавров по направлению «Строительство».

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Данная дисциплина участвует в формировании следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций: ПК-2, ПК-3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-8:

<p>ПК-2 Способен участвовать в проектировании зданий, сооружений, инженерных систем, планировке и застройке населенных мест в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования</p>	<p>3-ПК-2 Знать: нормативно-техническую и методическую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства У-ПК-2 Уметь: выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования; оформлять текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства В-ПК-2 Владеть: навыками проектирования конструкций зданий и сооружений на основе вариантного проектирования с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования; методикой оценки технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства</p>
<p>ПК-3 Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам</p>	<p>3-ПК-3 Знать: нормативно-техническую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства и к расчетным обоснованиям их проектных решений; методы проектирования объектов промышленного и гражданского строительства У-ПК-3 Уметь: выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования и выполнения расчетных обоснований проектных решений; оформлять</p>

	<p>текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства</p> <p>В-ПК-3 Владеть: навыками расчета и проектирования, а также методиками расчета и конструирования элементов здания или сооружения промышленного и гражданского строительства</p>
<p>ПК-4.1 Способен вести подготовку организационно-технологической документации на проведение общестроительных работ при строительстве ОИАЭ</p>	<p>З-ПК-4.1 Знать: требования нормативно-технической документации к составу, и содержанию организационно-технологической документации на проведение строительно-монтажных работ при сооружении ОИАЭ</p> <p>У-ПК-4.1 Уметь анализировать данные организационно-технологической документации на проведение строительно-монтажных работ на полноту и комплектность</p> <p>В-ПК-4.1 Владеть: навыками сбора и систематизации информации для формирования комплекта документов на проведение строительно-монтажных работ</p>
<p>ПК-4.2 Способен осуществлять технологические процессы производства строительных материалов, изделий и конструкций</p>	<p>З-ПК-4.2 Знать: технологические процессы в области строительной индустрии</p> <p>У-ПК-4.2 Уметь: организовывать производство и контроль качества строительных материалов</p> <p>В-ПК-4.2 Владеть: навыками производства строительных материалов</p>
<p>ПК-8 Способен вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способен осуществлять техническое оснащение, размещение технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической безопасности</p>	<p>З-ПК-8 Знать: методы и средства контроля качества; нормативно-техническую документацию в области управления качеством; принципы и нормативные документы технического регулирования; принципы и методы стандартизации; организация работ по стандартизации; международную стандартизацию, виды подтверждения соответствия; системы и порядок проведения сертификации; контролирующие органы в сертификации; виды негативного воздействия на окружающую среду при проведении различных видов строительных работ и методы их минимизации и предотвращения</p> <p>У-ПК-8 Уметь: применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий; организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов с использованием типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем,</p>

	<p>процессов и материалов; подготавливать документацию по созданию системы менеджмента качества на предприятии; определять вредные и (или) опасные факторы воздействия производства строительных работ, использования строительной техники на работников и окружающую среду</p> <p>В-ПК-8 Владеть: правилами выполнения работ по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, подготовке документации системы менеджмента качества на предприятии; методами контроля технологических процессов и технологической дисциплины в строительном производстве; навыками контроля соблюдения на объекте капитального строительства требований охраны труда, пожарной безопасности и охраны окружающей среды</p>
--	---

В результате освоения дисциплины студент должен:

*Знать:* теорию и принципы численных методов расчета строительных конструкций; основные методы численного анализа (конечные элементы, конечные разности, вариационные методы); программные инструменты и комплексы для численного моделирования; нормативную базу и требования к расчету конструкций; современную практику применения численных методов в проектировании.

*Уметь:* выполнять численные расчеты и анализировать результаты расчетов строительных конструкций; работать с профессиональными программными пакетами для численного моделирования; интерпретировать результаты расчетов и оценивать точность полученных данных; строить математические модели конструкций и определять их характеристики; применять численные методы для проверки гипотез и принятия обоснованных инженерных решений.

*Иметь практический опыт:* работы с программными инструментами для численного анализа конструкций; проведения расчетов и интерпретации результатов; совместной работы над проектами, требующими численного моделирования; подготовки отчетов и презентаций по результатам расчетов; критической оценки результатов численных исследований и выводов на их основе.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 34 часа.

Таблица

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел*
			Лекции	Практ. занятия / семинары	Лаб. работы			
2 семестр								
1	Теория численных	1-2	4	4		2 ДЗ	2 КР	20

	методов							
2	Практическое применение численных методов	3-8	4	4		4 ДЗ	2 КР	32
3	Анализ результатов расчетов	9-14	4	4		3 ДЗ	2 КР 1Т	28
4	Современная практика и перспективы	15-17	5	5		2 ДЗ	2 КР	20
5	Зачет							0 – 100
	Итого за 5 семестр:							100

\* 100 баллов за семестр, включая зачет или экзамен.

Т – тест;

ДЗ – домашнее задание;

КР – контрольная работа;

КИ – итоговая контрольная работа.

### Наименование тем и содержание лекционных занятий:

**Раздел 1. Теория численных методов.** Раздел посвящен изучению теоретических основ численных методов, используемых для расчета строительных конструкций. Здесь рассматриваются базовые концепции, принципы и алгоритмы, лежащие в основе численных методов расчета.

*Основы численных методов.* Определение численных методов и их классификация. История развития численных методов в строительстве. Преимущества и ограничения численных методов перед традиционными аналитическими методами.

*Метод конечных элементов (МКЭ).* Принципы МКЭ и этапы расчета. Создание сеточной модели конструкции. Постановка краевых задач и решение систем уравнений. Способы повышения точности и эффективности вычислений.

*Метод конечных разностей (МКР).* Основные идеи и преимущества МКР. Реализация МКР для плоских и пространственных задач. Исследование погрешностей и ограничений метода.

*Вариационные методы.* Понятие функционала энергии и принципа минимизации. Методы Ритца, Галеркина и конечных элементов. Сравнение вариационных методов с другими подходами.

*Алгоритмы и процедуры расчета.* Прямые и итерационные методы решения систем уравнений. Алгоритмы обработки исходных данных и формализации геометрических моделей. Модификация стандартных процедур расчета для учета нелинейностей и особых случаев.

**Раздел 2. Практическое применение численных методов.** Данный раздел направлен на обучение студентов практическому применению численных методов для расчета и анализа строительных конструкций. Основное внимание уделено работе с программными системами и проведению реальных расчетов.

*Использование численных методов в расчете конструкций.* Типичные задачи расчета конструкций (прочность, жесткость, устойчивость). Последовательность действий при выполнении численного расчета. Оценка влияния нагрузки и геометрии на поведение конструкции.

*Работа с программными комплексами.* Установка и настройка популярных программных пакетов (например, SCAD Office, ANSYS, COMSOL Multiphysics). Импорт данных и создание виртуальной модели конструкции.

*Автоматизированный расчет и получение результатов.*

Примеры расчетов: пространственный расчет стальных рам и каркасов зданий. Устойчивость кирпичных стен и железобетонных плит. Прогнозы мостовых пролетов и консольных балок.

Специфические случаи расчетов: нелинейные задачи (геометрически и физически нелинейные проблемы). Многокомпонентные структуры (бетонные, металлические, композитные конструкции). Сложные условия нагружения (температурные, вибрационные, ударные нагрузки).

**Раздел 3. Анализ результатов расчетов.** Раздел посвящён интерпретации и обработке результатов численных расчетов, а также принятию обоснованных инженерных решений на основе проведенных анализов.

*Интерпретация результатов расчетов.* Структурный анализ полей напряжения и деформаций. Поиск критических зон конструкции и областей концентрации усилий. Графическое представление результатов (диаграммы, графики, эпюры).

*Проверка точности расчетов.* Пути оценки ошибок и неопределенностей. Сравнительные исследования с натурными испытаниями и аналитическими решениями. Чувствительность результата к изменению начальных условий и допущениям.

*Оптимизация конструкций.* Методы улучшения конструкции путем изменения формы, материала или схемы армирования. Интеграция анализа чувствительности и оптимизации в процесс проектирования. Адаптация расчетов к требованиям техрегламентов и СНиПов.

*Документирование и презентация расчетов.* Оформление технической документации по результатам расчетов. Составление отчета о выполненных исследованиях и рекомендациях. Презентация результатов заказчику и коллегам.

**Раздел 4. Современная практика и перспективы.** В данном разделе рассматриваются последние тенденции и новые возможности численных методов в проектировании и строительстве, а также перспективы дальнейшего развития данной области.

*Современные тренды и технологии.* Переход на цифровые двойники и виртуальное моделирование (BIM-технология). Инновационные материалы и гибридные конструкции. Увеличение масштабов и сложности объектов строительства.

*Интеграция с инженерными науками.* Междисциплинарные связи с механикой материалов, физикой процессов разрушения и сейсмологией. Объединение методов численного анализа с искусственным интеллектом и машинным обучением.

*Экологические и ресурсосберегающие подходы.* Экологическое проектирование и расчет энергоэффективных конструкций. Минимизация отходов и сокращение энергопотребления в строительстве.

*Перспективы и будущее численных методов.* Дальнейшее повышение точности и быстродействия расчетов. Возможность онлайн-мониторинга состояния конструкций в режиме реального времени. Новые горизонты симуляции сложных природных явлений и аварийных ситуаций.

Таким образом, каждый раздел последовательно формирует профессиональные компетенции будущих инженеров-строителей, обеспечивая глубокое понимание, умение эффективно применять численные методы и готовность адаптироваться к изменениям в индустрии строительства.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Численные методы расчета строительных конструкций» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий занятия проводятся в форме лекций (широко применяется компьютерная презентация), практических (семинарских) занятий. Для контроля усвоения студентом разделов данного курса и приема домашнего задания широко используются тестовые технологии, как с выборочным вариантом ответов, так и так и безальтернативные варианты, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса, при защите практических работ проводится собеседование и опрос в устной или тестовой форме. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием ИКТ, а так же выполнение домашнего задания с использованием рекомендуемой литературы

#### **Темы практических (семинарских) занятий:**

1. Создание и редактирование геометрических моделей конструкций: знакомство с интерфейсом и базовыми функциями программного пакета для численного моделирования; построение простых моделей конструкций (рамы, балки, плиты); импорт САД-моделей и преобразование их в расчётные модели.

2. Подготовка расчётных заданий и постановка граничных условий: выбор и назначение свойств материалов; наложение закреплений и заданных нагрузок; установка правильных параметров для последующего расчёта.

3. Проведение простейших расчётов конструкций методом конечных элементов: процесс расчета с помощью стандартного набора функций; выполнение базовых расчётов на прочность и устойчивость конструкций; ознакомление с процедурами задания шагов расчёта и управления процессом.

4. Интерпретация результатов расчётов и анализ распределения напряжений и деформаций: анализ эпюр внутренних усилий, диаграмм напряжений и деформаций; выявление слабых мест и критических участков конструкции; рекомендации по улучшению конструкции.

5. Расчёт комбинированных конструкций (композитные, многослойные материалы): особенности расчёта конструкций, состоящих из разнородных материалов; учет неоднородности материалов и интерфейсных слоев; проведение комплексного анализа сложного состава конструкций.

6. Решение нелинейных задач (физически и геометрически нелинейные задачи): рассмотрение проблем, связанных с нелинейностью; пошаговый расчет крупных деформаций, пластичности и ползучести материалов; осмысление специфики методов решения нелинейных задач.

7. Приложение численных методов к особенностям российского климата и региона (ветровые, снеговые нагрузки, сейсмоактивность): специфика климатических и региональных условий России; учёт ветровых и снеговых нагрузок согласно российским нормам; расчёт и анализ влияния возможных землетрясений на конструкции.

8. Автоматизация расчётов и интеграция с BIM-проектированием: автоматизация повторяющихся операций в расчётах; взаимодействие численных методов с BIM-технологиями; обмен данными между различными платформами и интеграция результатов расчётов в общую систему проектирования.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов используются контрольные задания, а так же домашние задания по темам.

### **Теоретические контрольные вопросы**

#### Раздел 1. Теория численных методов

1. Какие существуют основные группы численных методов расчета строительных конструкций?
2. Назовите достоинства и недостатки метода конечных элементов.
3. Чем отличается метод конечных разностей от метода конечных элементов?
4. Как формулируется задача численного расчета с точки зрения математики?
5. Приведите классификацию методов численного анализа по уровню детализации и точности.
6. Что представляет собой матричная форма записи уравнений равновесия?
7. Как осуществляется подбор шага интегрирования в численном анализе?
8. В чём заключается принцип минимума потенциальной энергии?
9. Объясните суть вариационного подхода к решению задач прочности.
10. Почему важно учитывать эффект нелинейности при численном расчете?

#### Раздел 2. Практическое применение численных методов

1. В каких случаях целесообразно использовать численные методы вместо традиционных аналитических способов расчета?
2. Какие программные пакеты применяются для численного моделирования строительных конструкций?
3. Что понимается под созданием расчетной сетки и каким образом определяется ее качество?
4. Когда возникает необходимость введения дополнительных степеней свободы в численную модель?
5. В каком порядке выполняется расчет конструкции с помощью численных методов?
6. Как проверяется правильность полученной численной модели?
7. Какие типы нагрузок учитываются при расчете строительных конструкций?
8. Что означает термин "локальная неустойчивость"?
9. Зачем нужен модуль постпроцессора в программных комплексах численного анализа?
10. Какие факторы влияют на эффективность численного расчета?

#### Раздел 3. Анализ результатов расчетов

1. Как правильно выбрать диапазон значений при анализе результатов численного расчета?
2. Какие критерии применяют для сравнения результатов численного и физического эксперимента?
3. В чем отличие качественных и количественных оценок результатов численного анализа?
4. Какие дополнительные шаги требуются при выявлении расхождений между расчетом и реальной моделью?

5. Какие меры принимаются для уменьшения погрешности численного расчета?
6. Какие виды ошибок встречаются при численном моделировании и как их минимизировать?
7. Что показывает гистограмма плотности напряжений в численном анализе?
8. Как оценивается вероятность повреждения конструкции по результатам численного анализа?
9. Какие правила соблюдаются при представлении результатов численного анализа?
10. Какова роль критерия работоспособности конструкции в численном анализе?

#### Раздел 4. Современная практика и перспективы

1. Какие перспективные направления развиваются в области численных методов расчета?
2. Как повлияло появление высокопроизводительных компьютеров на развитие численных методов?
3. Какие задачи являются приоритетными для исследователей в области численных методов расчета?
4. Возможны ли параллельные вычисления в численных методах и какие преимущества они предоставляют?
5. Насколько актуально внедрение интеллектуальных систем в процессы численного анализа?
6. Может ли искусственный интеллект повысить точность численных расчетов?
7. Какие препятствия стоят на пути полной автоматизации процесса численного расчета?
8. Как развивается направление расчета строительных конструкций в условиях меняющегося климата?
9. Каково значение международного сотрудничества в развитии численных методов расчета?
10. Какие научные журналы и конференции важны для специалистов в области численных методов расчета?

#### **Практические (расчетные) задачи**

1. Определение оптимальной толщины перекрытия жилого дома:  
Необходимо рассчитать толщину монолитного железобетона перекрытий жилого многоэтажного дома с учётом действующей нагрузки и нормативных требований. Определить распределение напряжений и прогиба конструкции.
2. Устойчивость колонны производственного цеха:  
Колонна производственного цеха выполнена из стали марки С245. Нужно определить запас устойчивости и проверить условие продольного изгиба колонны при действии вертикальной нагрузки.
3. Прогиб консольной балки:  
Консольная металлическая балка длиной 5 метров подвергается действию равномерно распределённой нагрузки  $q = 10$  кН/м. Требуется определить максимальный прогиб балки и оценить её пригодность для дальнейшей эксплуатации.
4. Расчёт осадки фундамента здания:  
Рассчитать осадку основания фундамента гражданского здания с учётом неравномерности грунтового массива и фактических показателей влажности грунта.

5. Нагрузка на стены одноэтажного промышленного здания:  
Выполнить численный расчет внутренних усилий в стенах одноэтажного производственного здания, учитывая равномерную нагрузку крыши и собственный вес стен.
6. Испытание модели моста на прочность:  
Произвести расчёт модели моста с применением метода конечных элементов и подтвердить её способность выдерживать транспортную нагрузку определённого класса автомобилей.
7. Напряжения в плитах покрытий склада:  
Используя численные методы, проанализировать усилия и напряжения в покрытиях складского помещения при сочетании постоянной и временной нагрузки.
8. Температурная нагрузка на трубопровод:  
Расчёт трубопровода отопления под воздействием температуры окружающей среды с целью выявления опасных точек возникновения трещин и усталости металла.
9. Опорная реакция сваи при сдвиге грунта:  
Найти опорную реакцию одиночной сваи при боковом сдвиге грунта с учётом сопротивляемости материала сваи и характера окружающего грунта.
10. Статический расчёт арочного покрытия:  
Выполнить расчет арочного покрытия спортивного зала на предмет изгибных моментов и продольных усилий при нагрузке снега и собственного веса.

#### **Графические контрольные задания**

1. Постройте схему расчетной модели ферменной конструкции. Создать схематичное изображение фермового пролёта, обозначив узлы, сечения и характер нагрузок. Отразить геометрия сети конечных элементов и граничные условия.
2. Представьте графическое отображение эпюры поперечных сил в металлической балке. Построить график поперечной силы вдоль оси балки с указанием максимальных и минимальных значений. Представить характерные участки, зоны растянутых и сжатых волокон.
3. Проиллюстрируйте поля напряжений в плите перекрытия жилого дома. Нарисуйте контурные линии распределения напряжений в плоской панели перекрытия. Выделите опасные зоны и зоны наименьших напряжений.
4. Покажите область контакта двух соприкасающихся структур. Постройте иллюстрацию касательного контакта между двумя элементами конструкции (например, фундаментом и грунтом). Покажите контактные давления и возможные зазоры.
5. Отобразите распространение волн напряжений в объёме бетона при ударе. Графически показать изменение напряжений во времени внутри объёма бетона при точечном ударе. Показать путь прохождения волн и области максимальной интенсивности.
6. Изобразите работу диафрагмы жёсткости в многоэтажном здании. Сделать разрез здания и отразить положение и размеры диафрагм жёсткости, показывая, как они работают совместно с остальными элементами каркаса при горизонтальном воздействии ветра.
7. Создайте эскиз 3D-модели купола стадиона с приложенными усилиями. Проиллюстрировать трёхмерную структуру кровли куполообразного сооружения с нагрузкой от собственного веса и эксплуатационных нагрузок. Продемонстрировать векторные диаграммы усилий и деформаций.
8. На примере рамы покажите распределение деформаций и внутренние усилия. Иллюстрация пространственного расположения фермы с изображёнными линиями равно-

действующей внутренней силы и момента, соответствующими зонам растяжения и сжатия.

### **Темы рефератов / комплексных заданий**

1. Обзор современных программных комплексов для численного расчета строительных конструкций. (Рассмотреть функциональность, удобство интерфейса, сферу применения и сравнение лучших инструментов.)

2. Проблемы и способы учёта динамики и вибрации в численных расчетах строительных конструкций. (Изучить существующие методы моделирования динамических воздействий и предложите рекомендации по улучшению расчетов.)

3. Исследование влияния изменения шага сетки на точность численных расчетов конструкций. (Провести исследование зависимости точности расчетов от размера ячейки сетки, сделать выводы и предложить рекомендации.)

4. Анализ нелинейных эффектов в численных расчетах конструкций. Изучите причины нелинейности, последствия и методы учета нелинейных эффектов при численном расчете.)

5. Опыт применения метода конечных элементов в проектировании уникальных сооружений. (Приведите конкретные примеры успешного применения метода конечных элементов в отечественных и зарубежных объектах.)

6. Особенности численного моделирования подземных сооружений и оснований. (Исследуйте отличия в подходе к расчету подземной инфраструктуры и обсудите используемые методики.)

7. Критерии выбора численного метода для конкретного вида конструкций. (Определите факторы, влияющие на выбор подходящего численного метода, приведите примеры применения каждого из них.)

8. Оценка надёжности и прогноз срока службы конструкций с помощью численных методов. (Освойте процедуру прогнозирования ресурса конструкции и рассмотрите методы оценки долговечности с помощью численного моделирования.)

9. Численное моделирование взаимодействия сооружения с природными факторами (землетрясения, наводнения). (Ознакомьтесь с особенностями моделирования экстремальных природных воздействий и способами адаптации существующих конструкций.)

10. Влияние человеческого фактора на точность численных расчетов строительных конструкций. (Выявите распространённые ошибки и упущения, допускаемые инженерами при подготовке и выполнении численных расчетов.)

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **7.1. Основная литература**

1. Кривошапко, С. Н. Архитектурно-строительные конструкции: учебник для вузов / С. Н. Кривошапко, В. В. Галишникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 558 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18958-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/560365>

2. Масленников, А. М. Динамика и устойчивость сооружений : учебник и практикум для вузов / А. М. Масленников. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 366 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00220-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/583513>

3. Дроздов, В. В. Расчет несущих строительных конструкций уникальных высотных и большепролетных зданий с учетом физической и геометрической нелинейности : учебное пособие / В. В. Дроздов, В. А. Пшеничкина, С. И. Строк. — Волгоград : ВолгГТУ,

2020. — 98 с. — ISBN 978-5-9948-3662-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/288596>

## 7.2. Дополнительная литература

1) Чернявская, Е. Н. Градостроительство с основами архитектуры. Современный этап : учебное пособие для вузов / Е. Н. Чернявская. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 72 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20031-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557480>

2) Ананьин, М. Ю. Архитектура зданий и строительные конструкции: термины и определения : учебник для среднего профессионального образования / М. Ю. Ананьин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 130 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10282-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/565815>

3) Хайрутдинов, З. Н. Теория ландшафтной архитектуры и методология проектирования : учебник для вузов / З. Н. Хайрутдинов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 238 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18401-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/566363>

4) Рой, О. М. Основы градостроительства и территориального планирования : учебник и практикум для вузов / О. М. Рой. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19509-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563563>

5) Опарин, С. Г. Здания и сооружения. Архитектурно-строительное проектирование : учебник для среднего профессионального образования / С. Г. Опарин, А. А. Леонтьев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 275 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20139-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562215>

## 7.3. Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

<http://library.mephi.ru/> Электронная библиотека НИЯУ МИФИ

<https://archi.ru/> - архитектура России

<http://www.georec.spb.ru> – реконструкция городов и геотехническое строительство

<https://bibl.nngasu.ru/links/building.php> – строительство и архитектура на RIN.ru.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Учебная дисциплина обеспечена всей необходимой материально-технической базой: аудиторией, оснащенной презентационным оборудованием, компьютерной техникой для использования Интернет-ресурсов, проведения математических вычислений, библиотекой с необходимой литературой, учебно-методической документацией и материалами. Имеется также дисплейный класс (в стандартной комплектации) для тренинга студентов по прохождению тестовых заданий и самостоятельной работы; доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки).

**Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».**

**Авторы:**

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по специальности 08.03.01 «Строительство».

**Авторы:**

\_\_\_\_\_ Савватеев В.А., советник АО КИС «ИСТОК»

**Рецензент(ы)**

\_\_\_\_\_ Баторшин Г.Ш., к.т.н., советник АО КИС «ИСТОК»

Учебная программа рассмотрена на заседании кафедры «Электрификации промышленных предприятий» (ЭПП) ОТИ НИЯУ МИФИ \_\_\_\_\_ 2026 года и рекомендована для подготовки специалистов.

Учебная программа утверждена на заседании методического совета института

\_\_\_\_\_ 20....

протокол \_\_\_\_\_