

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы магистратуры
по направлению подготовки
08.04.01 Строительство,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Современные методы моделирования строительных конструкций

Направление подготовки: 08.04.01 Строительство

Направленность (профиль): Промышленное и гражданское строительство

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 2081
Подписал: заведующий кафедрой Федоров Виктор Сергеевич
Дата: 22.04.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций, необходимых для применения современных методов моделирования строительных конструкций при расчётном обосновании механической безопасности строительных конструкций и несущих систем зданий и сооружений.

Задачи освоения дисциплины:

- развитие знаний в области теоретических основ метода конечных элементов;
- формирование целостных теоретических представлений об этапах и особенностях программной реализации метода конечных элементов (МКЭ);
- углубленное освоение принципов построения компьютерных моделей зданий и сооружений;
- развитие умений создавать компьютерные модели каркасов зданий с различной конструктивной схемой, выполнять общие и конструктивные расчеты, анализировать их результаты;
- формирование практических навыков отражения конструктивных особенностей несущих систем промышленных и гражданских зданий в виде компьютерных моделей.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-2 - Способен выполнять и организовывать работы по проектированию промышленных и гражданских зданий (включая объекты транспортной инфраструктуры), строительных конструкций и оснований объектов промышленного и гражданского строительства с учетом требований обеспечения комфортности среды, конструктивной, пожарной и экологической безопасности, в том числе на основе интеграции современных высокотехнологичных интеллектуальных цифровых решений, эффективного использования проектно-вычислительных программных комплексов и систем компьютерного инжиниринга.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

стандартные постановки задач расчета строительных конструкций;

основы алгоритмов расчета и проектирования строительных конструкций, реализованных в комплексных системах компьютерного проектирования строительных объектов; модели и методы численного решения нелинейных задач механики деформируемого твердого тела;

Уметь:

самостоятельно осваивать, исследовать и применять методы решения задач математического (компьютерного) моделирования при проектировании строительных объектов; применять рациональные математические, физико-механические и конечно-элементные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным материалам, физико-механическим процессам и конструкциям;

Владеть:

навыками формулирования корректных постановок задач расчета строительных конструкций, определения эффективных методов и алгоритмов для их решения; навыками создания и анализа конечно-элементных моделей в универсальном программном комплексе SIMULIA Abaqus и в программной среде MathCAD; навыками анализа корректности, достоверности и точности получаемых расчётных и проектных решений на основе понимания сути и механико-математических основ метода конечных элементов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №2
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	32	32
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	16	16

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с

педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 148 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p>Математическое моделирование в задачах расчётного обоснования проектных решений зданий и сооружений</p> <p>1.1. Математическое моделирование в задачах механики. Математические модели в задачах анализа и в задачах поиска оптимального решения. Математическая модель механической системы. Порядок сведения инженерной проблемы к постановке и решению математической задачи. Последовательность действий в математическом моделировании механической системы.</p> <p>1.2. Понятие модели конструкции, здания, сооружения. Предмет, подходы и инструментарий моделирования. Роль фундаментальных законов природы в построении математических моделей объектов и явлений. Закон состояния. Модель строительного материала. Понятие континуума, представление его физических свойств. Роль операций дифференцирования в математических моделях. Испытание модели.</p> <p>1.3. Напряжённо-деформированное состояние как результат моделирования конструкции для оценки её прочности, деформативности, безопасности. Формулировки задач механики деформируемого твёрдого тела. Примеры. Критерии прочности, жёсткости, устойчивости, надёжности и долговечности конструкций и несущих систем зданий и сооружений.</p>
2	<p>Фундаментальные основы современных методов моделирования строительных конструкций</p> <p>2.1. Принцип минимума в моделировании объектов и явлений. Вариационные основы постановки задач моделирования зданий и сооружений. Примеры вариационных постановок задач расчета строительных конструкций.</p> <p>2.2. Основы методов решения вариационных задач. Решение примеров задач на нахождение условий минимума.</p> <p>2.3. Принцип сохранения в моделировании объектов и явлений. Принцип сохранения в формулировках задач механики. Примеры постановок задач расчета строительных конструкций на основе принципа сохранения. Решение примеров задач расчета элементов конструкций, сформулированных на основе принципа сохранения.</p>
3	<p>Метод конечных элементов – современный метод моделирования строительных конструкций</p> <p>3.1. Теоретические основы метода конечных элементов. Метод Ритца. Расчётная модель сооружения</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>при его моделировании методом конечных элементов. Степени свободы расчётной компьютерной модели сооружения. Типы конечных элементов при расчёте строительных конструкций. Примеры конечно-элементных расчетных моделей.</p> <p>3.2. Алгоритм метода конечных элементов. Дискретный аналог математической формулировки задачи расчёта строительных конструкций при её решении методом конечных элементов. Функция формы. Моделирование пространственной ориентации конечных элементов в расчётной модели. Матрицы жёсткости конечных элементов и глобальная матрица жёсткости расчётной модели. Моделирование взаимоположения конечных элементов при построении глобальной матрицы жёсткости расчётной модели. Построение и решение разрешающей системы уравнений. Задание кинематических граничных условий в алгоритме метода конечных элементов.</p>
4	<p>Применение проблемно-ориентированных программных комплексов компьютерного моделирования строительных конструкций при обосновании проектных решений зданий и сооружений</p> <p>4.1. Формулировка и решение статических задач моделирования работы строительных конструкций под нагрузкой. Алгоритмы расчёта плоских стержневых конструкций методом конечных элементов в программной среде MathCAD.</p> <p>4.2. Формулировка и решение задач моделирования динамического поведения строительных конструкций. Уравнение равновесия механической системы в движении. Определение частот и форм свободных колебаний строительной конструкции. Запись алгоритма и решение примеров в среде MathCAD.</p> <p>4.3. Формулировка и решение задач расчета конструкций на устойчивость. Алгоритм расчета плоской фермы на устойчивость методом конечных элементов. Запись алгоритма и решение примеров в среде MathCAD.</p>

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Фундаментальные основы современных методов моделирования строительных конструкций</p> <p>1.1. Расчётная компьютерная модель сооружения при его расчёте методом конечных элементов.</p> <p>1.2. Математическая формулировка задачи расчета сооружений методом конечных элементов.</p> <p>1.3. Переход к дискретной математической модели сооружения в алгоритме метода конечных элементов.</p> <p>1.4. Степени свободы расчётной компьютерной модели сооружения.</p>
2	<p>Метод конечных элементов – современный метод моделирования строительных конструкций</p> <p>2.1. Функция формы и ее назначение в алгоритме метода конечных элементов.</p> <p>2.2. Учёт произвольной пространственной ориентации конечных элементов в алгоритме МКЭ.</p> <p>2.3. Матрицы жёсткости конечных элементов и глобальная матрица жёсткости расчётной модели.</p> <p>2.4. Учёт взаимоположения конечных элементов при построении глобальной матрицы жёсткости расчётной модели.</p> <p>2.5. Условие минимума дискретного выражения изменения энергии. Построение разрешающей системы уравнений в алгоритме метода конечных элементов.</p> <p>2.6. Матрица жесткости стержневого конечного элемента, работающего на изгиб.</p> <p>2.7. Матрица жесткости стержневого конечного элемента, работающего на растяжение - сжатие. Физическая суть элементов матрицы.</p> <p>2.8. Матрица жесткости стержневого конечного элемента при расчете плоских рам.</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
3	<p>Создание конечно-элементных моделей строительных конструкций зданий и сооружений для статических расчётов</p> <p>3.1. Расчет балки на изгиб методом конечных элементов. Запись алгоритма и решение примеров в среде MathCAD. Расчёт в универсальном программном комплексе SIMULIA Abaqus.</p> <p>3.2. Расчет плоской рамы на изгиб методом конечных элементов. Запись алгоритма и решение примеров в среде MathCAD. Расчёт в универсальном программном комплексе SIMULIA Abaqus.</p> <p>3.3. Расчет плоской фермы на изгиб методом конечных элементов. Запись алгоритма и решение примеров в среде MathCAD. Расчёт в универсальном программном комплексе SIMULIA Abaqus.</p>
4	<p>Расчёт конструкций на динамические воздействия и устойчивость с использованием программных комплексов</p> <p>4.1. Природа динамических воздействий. Типы динамических нагружений. Модальный анализ.</p> <p>4.2. Определение частот и форм свободных колебаний плоской фермы на метод конечных элементов. Запись алгоритма и решение примеров в среде MathCAD. Расчёт в универсальном программном комплексе SIMULIA Abaqus.</p> <p>4.3. Пульсационная составляющая ветровой нагрузки: задание и анализ результатов расчета.</p> <p>4.4. Сейсмическое нагружение: задание и анализ результатов расчета. Расчет на сейсмическое воздействие по акселерограммам.</p> <p>4.5. Расчет плоской рамы на устойчивость методом конечных элементов. Запись алгоритма и решение примеров в среде MathCAD. Расчёт в универсальном программном комплексе SIMULIA Abaqus.</p>
5	<p>Математическое моделирование</p> <p>Метод конечных элементов (МКЭ)</p> <p>Разработка расчетных моделей</p> <p>Анализ напряженно-деформированного состояния</p> <p>Исследование работы конструкций под нагрузкой</p>
6	<p>Современные подходы к моделированию</p> <p>Физическое моделирование</p> <p>Создание масштабных моделей</p> <p>Исследование работы конструкций в предельных состояниях</p> <p>Проверка методик расчета</p> <p>Изучение нелинейных эффектов</p> <p>Компьютерное моделирование</p> <p>Использование специализированного ПО</p> <p>Автоматизация расчетов</p> <p>Многовариантное проектирование</p> <p>Оптимизация конструктивных решений</p>
7	<p>Интеграционные задачи</p> <p>Взаимная увязка архитектурно-конструктивных решений</p> <p>Интеграция инженерных коммуникаций</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	Проверка коллизий
8	Оптимизация проектных решений Многовариантный анализ Экономическая оценка Подготовка итогового проекта

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к защите курсовой работы. Подготовка к лабораторным работам. Работа с лекционным материалом. Работа с нормативной, справочной и учебной литературой.
2	Выполнение курсовой работы.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Применение метода конечных элементов в проектировании
большепролетных конструкций

Исследование особенностей моделирования пространственных
конструкций

Анализ работы программного комплекса APM FEM

Практическая реализация расчетов в среде APM Structure 3D

Математическое моделирование железобетонных конструкций с
трещинами

Разработка алгоритмов расчета напряженно-деформированного
состояния

Учет нелинейных деформаций

Сравнительный анализ результатов с экспериментальными данными

Компьютерное моделирование каркасных систем зданий

Создание трехмерных моделей в современных CAD/CAE системах

Анализ устойчивости и прочности

Оптимизация конструктивных решений

Физическое моделирование строительных конструкций

Исследование масштабных моделей

Определение коэффициентов подобия

Экспериментальная проверка расчетных схем

Комплексное моделирование пространственных покрытий

Сочетание различных методов расчета

Учет динамических воздействий

Анализ влияния геометрических параметров

Моделирование сейсмической устойчивости зданий

Создание моделей для расчета сейсмических воздействий

Анализ распределения нагрузок

Разработка мер по повышению сейсмостойкости

Компьютерное моделирование деревянных конструкций

Особенности расчета клееных элементов

Учет анизотропии материала

Анализ соединений и узлов

Моделирование деформаций фундаментов и оснований

Учет грунтовых условий

Анализ осадок и кренов

Прогнозирование долговечности

Параметрическое моделирование в современном строительстве

Создание параметрических моделей конструкций

Автоматизация расчетов

Оптимизация проектных решений

Интегрированное моделирование строительных комплексов

Совместный анализ несущих конструкций и инженерных систем

Учет технологических процессов

Оптимизация эксплуатационных характеристик

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Методы расчёта строительных конструкций: теория и задачи с реализацией в программном комплексе Scilab Тухфатуллин Борис Ахатович, Черняк Александр Меерович Учебное пособие ИНФРА-М, 2024	https://znanium.ru/catalog/document?id=430436
2	Вероятностные методы теории надежности строительных конструкций Соловьев Николай Павлович Учебное пособие Поволжский государственный технологический университет, 2019	https://znanium.ru/catalog/document?id=414971

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

<http://library.miit.ru> – научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ)

<https://e.lanbook.com/> – электронно-библиотечная система

<https://elibrary.ru> – электронная научная библиотека

<https://www.book.ru/> – электронно-библиотечная система от правообладателя

<https://www.dwg.ru> – специализированный строительный портал

https://tesis.com.ru/cae_brands/abaqus/ – сайт официального дистрибьютора программного комплекса SIMULIA Abaqus

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Для проведения занятий необходим стандартный программный комплекс Microsoft Office, бесплатная учебная версия Abaqus Student Edition, распространяемая компанией ТЕСИС

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения занятий необходима мультимедийная аудитория.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа во 2 семестре.

Экзамен во 2 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

профессор, профессор, д.н. кафедры
«Строительные конструкции, здания
и сооружения»

В.Н. Сидоров

Согласовано:

Заведующий кафедрой СКЗиС

В.С. Федоров

Председатель учебно-методической
комиссии

М.Ф. Гуськова