

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)

Теоретические основы расчёта конструкций зданий и сооружений

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: 11.05.2022

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций, необходимых для решения задач расчёта строительных конструкций зданий и сооружений с использованием фундаментальных теоретических основ и практических методов механики деформирования и контактного взаимодействия твердых тел.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение основ теории упругости и вариационных методов решения упругих задач;
- ознакомление с основами теорий прочности материалов, контактного взаимодействия твердых тел;
- получение представлений об основах теории пластичности и ползучести;
- овладение основами теории колебаний и динамики твердых тел;
- освоение теоретических основ численных методов решения задач механики деформируемого твердого тела.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-1 - Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук.

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

Знать:

основные понятия и краевые задачи, математические модели и методы механики деформируемого твердого тела; условия применимости данных моделей и методов; механико-математические основы численных методов, применяемых для решения задач механики деформируемого твердого тела; современные тенденции развития механики деформируемого твердого тела и новые результаты, полученные современными российскими и зарубежными учеными в данной области;

Уметь:

разрабатывать расчетные схемы сооружений; формулировать и решать задачи статики и динамики сплошных сред; использовать вариационные

методы теории упругости для решения прикладных задач расчёта строительных конструкций; проводить статический и динамический анализ напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов; произвести оценку результатов, полученных как разными методами так и по разным расчетным схемам для одного и того же объекта; самостоятельно сделать выводы о поведении изучаемого механического процесса на основании полученного решения; изложить полученные результаты ясным научным языком, пользуясь научными терминами в соответствии с их смыслом;

Владеть:

навыками применения основных методов математического моделирования при решении прикладных задач механики деформируемого твердого тела; навыками аналитического и численного решения задач расчёта строительных конструкций методами механики деформируемого твердого тела и представления полученных результатов в соответствии с предъявляемыми требованиями.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 з.е. (252 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	
		№1	№2
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	60	32	28
В том числе:			
Занятия лекционного типа	30	16	14
Занятия семинарского типа	30	16	14

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 192 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>Раздел 1. Теория упругости и вариационные методы решения её задач в расчётах строительных конструкций</p> <p>Сведения из тензорного анализа: тензоры в декартовом базисе, инварианты. Тензоры напряжений и деформаций. Уравнения равновесия. Условия совместности деформаций. Связь между напряженным и деформированным состояниями. Упругий потенциал. Дополнительная работа деформации. Формула Кастильяно. Упругий потенциал для линейного материала. Теорема Клапейрона. Полная система уравнений теории упругости. Прямая и обратная задачи теории упругости. Принцип Сен-Венана. Вариационные методы теории упругости. Вариационные принципы. Принцип Лагранжа, метод Ритца, метод Бубнова-Галеркина. Постановка задач динамической теории упругости. Волны в упругих средах.</p>
2	<p>Раздел 2. Вычислительная механика в расчётах строительных конструкций</p> <p>Метод конечных элементов (МКЭ) и его применение к статическим и динамическим задачам механики. Построение конечно-элементных схем в форме метода перемещений. Основные соотношения МКЭ, построение матриц жесткости. Типы конечных элементов. Методы решения больших систем алгебраических уравнений, порожденных МКЭ. Применение метода конечных элементов к решению задач упругости и пластичности. Построение физических и математических моделей. Задание граничных условий. Особенности применения метода конечных элементов и метода граничных элементов в задачах с физической нелинейностью. Энергетические теоремы и экстремальные принципы. Определение собственных частот и форм колебаний конструкций МКЭ. Применяемые методы. Обзор программных комплексов МКЭ. Понятие о других численных методах механики (граничных элементов, суперэлементов). Нелинейные проблемы механики твердого деформированного тела. Классификация нелинейных задач. Условия начала пластичности и текучести. Общие методы решения нелинейных задач: метод шагов по параметру нагружения, метод переменных параметров упругости. Вариационные и вариационно-разностные методы. Численные методы решения интегральных уравнений. Принцип максимума в теории оптимального управления. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов. Конечно-разностные аппроксимации производных. Решение дифференциального уравнения методом конечных разностей. Аппроксимация базисными функциями. Взвешенные невязки. Понятие конечного элемента.</p>
3	<p>Раздел 3. Динамика и теория колебаний в расчётах строительных конструкций</p> <p>Общие понятия теории колебаний. Свободные и вынужденные колебания, их участие в колебательном</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	процессе. Установившиеся и неуставившиеся колебания. Резонанс. Автоколебания. Линейные и нелинейные колебания. Колебания линейных систем с одной степенью свободы. Вынужденные установившиеся колебания одномассовых систем с учетом сил сопротивления. Динамическое уравнение. Теория колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы. Система динамических уравнений. Собственные формы и частоты. Методы определения собственных частот. Резонансные режимы колебаний. Демпфирование колебаний, его роль в колебательном процессе. Введение в теорию нелинейных колебаний систем с конечным числом степеней свободы. Численные методы исследования нелинейных колебаний.
4	Раздел 4. Теория устойчивости в расчётах строительных конструкций Основные понятия и методы исследования устойчивости. Основные положения расчета рам на устойчивость. Особенности расчета сложных стержневых систем на устойчивость. Понятие об устойчивости пластин.
5	Раздел 5. Теория пластичности в расчётах строительных конструкций Постановка вопроса, допущения и определения теории пластичности. Условия пластичности. Простое и сложное нагружения. Теория малых упругопластических деформаций и теория пластического течения. Поведение материала при разгрузке. Постановка задач теории пластичности. Понятие о поверхности нагружения. Поверхности нагружения для критерия Мизеса, для критерия Сен-Венана. Изменения поверхности нагружения в случаях изотропного упрочнения, трансляционного упрочнения, смешанного упрочнения. Параметры упрочнения: работа на пластических деформациях и параметр Одквиста. Постулат Друккера. Теорема о простом нагружении. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений.
6	Раздел 6. Механика деформирования и контактного взаимодействия твердых тел Модели сплошных сред. Основные положения теории прочности и механики разрушения. Упругая и пластическая деформации; дислокации; упругость, пластичность, ползучесть, вязкоупругость. Теории прочности. Хрупкое и пластическое разрушение; разрушение при ползучести. Реологические модели. Математические модели ползучести; кривые ползучести; кинетические уравнения ползучести; релаксация напряжений; ползучесть при одномерном и сложном напряженном состоянии. Теории контактного взаимодействия упругих тел. Модель Винклера в контактных задачах. Нелинейные проблемы контактного взаимодействия. Нормальный контакт неупругих тел: основные уравнения. Контактное взаимодействие тел при скольжении. Теория предельного состояния и математические модели механики разрушения. Теория дефектов строения материалов. Силы сопротивления раскрытию трещины. Пластическое состояние вблизи трещины. Теория ползучести. Экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в металлах и твердых сплавах. Основные теоретические соотношения между напряжениями и деформациями за пределами упругости. Математические теории вязкоупругости, ползучести и длительной прочности. Циклическое деформирование и приспособляемость. Теория накопления рассеянного разрушения.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Раздел 1. Теория упругости и вариационные методы решения её задач в расчётах строительных конструкций 1.1. Вывод закона парности касательных напряжений и уравнений Навье. 1.2. Запись статических граничных условий. Вывод зависимостей Коши. 1.3. Вывод уравнений совместности деформаций. Запись уравнений состояния в линейной форме для ортотропного материала. 1.4. Методы решения задач: в напряжениях, в перемещениях, в смешанной форме. Вариационная формулировка задач.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	1.5. Запись полной потенциальной энергии тела как функционала. Формулировка вариационного принципа Лагранжа. Метод Ритца. 1.6. Примеры на использование условий равновесия ТУ. 1.7. Примеры решения задач методом Ритца.
2	Раздел 2. Вычислительная механика в расчётах строительных конструкций 2.1. Получение матрицы жесткости для четырехугольного конечного элемента изгибаемой тонкой пластины. 2.2. Получение матрицы жесткости для изопараметрического четырехугольного конечного элемента плоской задачи.
3	Раздел 3. Динамика и устойчивость в расчётах строительных конструкций 3.1. Получение элементов матрицы жесткостей сжато-изогнутого стержня. Определение критического значения параметра нагрузки для рамы с помощью специальных разделов комплекса программ для применения МКЭ. 3.2. Определение критического значения параметра нагрузки для пластины при нагружении ее в своей плоскости с помощью специальных разделов комплекса программ для применения МКЭ. 3.3. Определение частот и форм собственных колебаний пластины или складчатой системы.
4	Раздел 4. Основные понятия теории пластичности 4.1. Поверхность нагружения. Формы поверхностей нагружения для критерия Мизеса, для критерия Сен-Венана. 4.2. Изменения поверхности нагружения в случаях изотропного упрочнения, трансляционного упрочнения, смешанного упрочнения. 4.3. Параметры упрочнения: работа на пластических деформациях и параметр Одквиста. Постулат Друккера. 4.4. Вариационные принципы теории пластичности. Теорема о простом нагружении. Теорема о разгрузке.
5	Раздел 5. Основы механики трещин 5.1. Напряжения у конца трещины 5.2. Коэффициент интенсивности напряжений.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям. Работа с лекционным материалом. Работа с учебной литературой.
2	Подготовка к промежуточной аттестации.
3	Подготовка к текущему контролю.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Юрьев, А. Г. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие / А. Г. Юрьев ; под редакцией А. Г. Юрьева. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. — 194 с. — ISBN 978-5-361-00811-7.	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162042

2	Ганджунцев, М. И. Основы динамики и устойчивости стержневых систем : учебно-методическое пособие / М. И. Ганджунцев, М. Р. Аль, А. Ю. Ушаков. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2020. — 84 с. — ISBN 978-5-7264-2334-0.	Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/165200
---	---	--

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://ibooks.ru> – электронно-библиотечная система

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

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

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

<https://www.mathcad.com> – официальный сайт разработчика программного комплекса MathCAD

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, программный комплекс MathCAD, бесплатная учебная версия Abaqus Student Edition, распространяемая компанией ТЕСИС

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

Аудитория с мультимедиа аппаратурой для проведения лекционных занятий. Аудитория, оснащенная мультимедиа аппаратурой и ПК с необходимым программным обеспечением для выполнения лабораторных работ и курсового проектирования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 1 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»

Сидоров Владимир
Николаевич

Лист согласования

Заведующий кафедрой СКЗиС

В.С. Федоров

Председатель учебно-методической
комиссии

М.Ф. Гуськова