

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

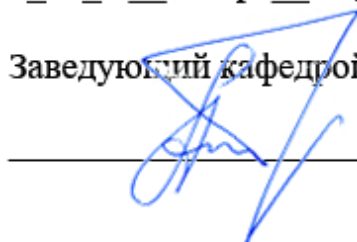
**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»**

**Институт горного дела и строительства
Кафедра «Строительство, строительные материалы и конструкции»**

Утверждено на заседании кафедры
«Строительство, строительные материалы и
конструкции»

«_18_» __января__ 2023 г., протокол №_5_

Заведующий кафедрой



А.А. Трещев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Механика деформируемого твердого тела»**

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кад-
ров в аспирантуре**

по направлению подготовки

2.1 Строительство и архитектура с направленностью (профилем)

Строительная механика

Форма(ы) обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 2.1.9-03-23

Тула 2023 год

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
рабочей программы дисциплины (модуля)

Разработчик:

Трещев А.А., профессор, д.т.н., профессор
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является освоение аспирантом теоретических основ механики деформируемого твердого тела, знакомство с общей постановкой краевых задач и классическими методами их решения.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение классических основ деформирования и сопротивления упругих материалов;
- изучение механики сплошных сред (тензоры деформаций и напряжений, их инварианты);
- изучение основ теории упругости, уравнений связи напряжений и деформаций, энергии деформаций;
- изучение основ теорий прочности и пластичности (уравнения предельных поверхностей);
- изучение общих понятий и моделей теории ползучести.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы.

Дисциплина изучается в 3 и 4 семестре.

3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями), установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

- 1) основные понятия и уравнения механики сплошной среды (код компетенции – УК-8);
- 2) уравнения связи между тензорами напряжений и деформаций для упругих материалов, уравнения неразрывности деформаций, движения и равновесия в точках твердых тел (код компетенции – ПК-1);
- 3) методику общей постановки краевых задач теории упругости в перемещениях и напряжениях (код компетенции – ПК-5).

Уметь:

- 1) формулировать уравнения связи тензоров напряжений и деформаций (код компетенции – ПК-1);
- 2) использовать классические вариационные принципы для анализа краевых задач теории упругости (код компетенции – ПК-5).

Владеть:

- 1) навыками постановки и решения простейшими классическими аналитическими методами краевых задач теории упругости (код компетенции – ПК-4).

Полные наименования компетенций представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Номер семестра	Формы промежуточной аттестации	Общий объем в зачетных единицах	Общий объем в академических часах	Объем контактной работы в академических часах						Объем самостоятельной работы в академических часах
				Лекционные занятия	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Клинические практические занятия	Консультации	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения*										
3	ЗЧ	1	36	15					0,1	20,9
4	Э	2	72	15				2	0,25	54,75
Итого	–	3	108	30				2	0,35	75,65

* Если предусмотрено основной профессиональной образовательной программой

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

4.2 Содержание лекционных занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
3 семестр	
1	Упругость, сплошная среда, деформация тела, вектор перемещения.
2	Тензор деформации, изменение длины и направления линейного элемента, связь между деформациями и перемещениями, деформированное состояние в координатах Эйлера, главные оси тензора деформации, алгебраические инварианты тензора деформаций.
3	Изменение объема тела, бесконечно малая деформация, разложение вектора перемещения, однородная деформация, уравнения совместности деформаций, разложение тензора напряжений на шаровой и тензор девиатор, октаэдрические инварианты тензора деформаций.
4	Внешние воздействия, внутренние силы, напряженное состояние.
5	Тензор напряжений, преобразования компонент тензора напряжений, главные напряжения, поверхность напряжений.
6	Инварианты напряженного состояния, экстремальные значения касательных напряжений, разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор, уравнения равновесия и движения.

№ п/п	Темы лекционных занятий
7	Основные понятия и законы термодинамики. Закон сохранения энергии для деформированного тела баланс энтропии, закон теплопроводности Фурье, свободная энергия, термоупругий потенциал Гиббса.
8	Внутренняя энергия, уравнение потока тепла, основные уравнения термоупругости.
9	Обобщенный закон Гука для изотропного и анизотропного тела, удельная потенциальная энергия деформаций и удельная дополнительная работа, формулы Грина и Кастильяно, материальные константы.
10	Формулы Клайперона и Бетти. Случай температурных напряжений.
4 семестр	
11	Связь между напряжениями и деформированным состоянием, уравнения теории упругости в перемещениях (уравнения Ламе), уравнения Бельтрами-Митчелла в напряжениях.
12	Общее решение уравнений в перемещениях (решение Попковича-Нейбера). Принцип виртуальных работ, теорема о минимуме потенциальной энергии (уравнение Лагранжа).
13	Принцип минимума дополнительной работы (принцип Кастильяно), вариационная теорема Рейснера.
14	Единственность решения дифференциальных уравнений теории упругости, теорема Клапейрона, теорема Бетти.
15	Уравнения теории упругости в ортогональных криволинейных системах координат.
16	Плоское деформированное состояние, функция напряжений Эри в декартовых и в полярных координатах, упругое полупространство, находящееся в плоском деформированном состоянии.
17	Плоское напряженное состояние, обобщенное плоское напряженное состояние.
18	Задача о штампе и силе, действующей на полуплоскость, задача о полой цилиндрической оболочке (задача Ламе), задача о клине, задача Кирша.
19	Теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении. Теорема о разгрузке.
20	Основные уравнения теории малых упругопластических деформаций для плоского напряженного состояния.
21	Основные гипотезы теории малых упругопластических деформаций. Условия пластичности.
22	Тензор скоростей деформаций. Теория старения.
23	Теория течения. Механические модели вязкоупругих тел: модель Ньютона; модель Максвелла; модель Фойгта; модель Кельвина.

4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.4 Содержание лабораторных работ

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

Очная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
3 семестр	
1	Проработка тем лекционных занятий
2	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение
4 семестр	
1	Проработка тем лекционных занятий
2	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

Очная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося			Максимальное количество баллов
3 семестр			
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	10
		Реферат	20
		Итого	30
	Второй рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	10
		Реферат	20
		Итого	30
Промежуточная аттестация	Зачет		40 (100*)
4 семестр			
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	10
		Реферат	20
		Итого	30
	Второй рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Посещение лекционных занятий	10
		Реферат	20
		Итого	30
Промежуточная аттестация	Экзамен		40 (100*)

* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
	0 – 39	40 – 60	61 – 80	81 – 100
Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы)	Неудовле- творительно	Удовлетво- рительно	Хорошо	Отлично
Академическая система оценивания (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуются рабочие места преподавателя и обучающихся оснащенные письменными столами и/или партами.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Крюков, В.А. Механика: учебник: в 2 т.. Т. 1. Механика абсолютно твердого тела. Механика деформируемого твердого тела / В. А. Крюков, А. В. Плясов; под науч. ред. В. А. Крюкова; Тульский государственный университет. Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. 200 с.: ил., цв. ил., табл. ISBN 978-5-7679-5220-5. ISBN 978-5-7679-5221-2 (т. 1).

2. Андреев, В.И. Решение задачи оптимизации напряженного состояния элементов строительных конструкций при сложном сопротивлении: учебное пособие / В. И. Андреев, Е. В. Барменкова. Решение задачи оптимизации напряженного состояния элементов строительных конструкций при сложном сопротивлении. Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. 23 с. ISBN 978-5-7264-1102-6.

3. Бондарь, В.С. Неупругость. Варианты теории / В.С.Бондарь .— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 .— 144с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-9221-0521-3 /в пер./ : 168.00.

4. Зубчанинов, В.Г. Тверской гос.техн. ун-т. Математическая теория пластичности : Монография / В.Г.Зубчанинов; Тверской гос. техн. ун-т .— Тверь, 2002 .— 300с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7995-0200-0 : 113.00.

5. Александров, А.В. Сопротивление материалов: Основы теории упругости и пластичности: Учебник для вузов / А.В.Александров, В.Д.Потапов .— 2-е изд., испр. — М.: Высш. шк., 2002 .— 400с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-06-004280-4 /в пер./ : 93.00.

6. Горшков, А.Г. Теория упругости и пластичности : Учебник для строит. вузов / А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, Д.В. Тарлаковский .— М. : Физматлит, 2002 .— 416с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-9221-0229-X /в пер./ : 216.00.

7. Ильюшин, А.А. МГУ им. М.В.Ломоносова. Пластичность. Ч.1, Упруго-пластические деформации/ А.А. Ильюшин; предисл.: Е.И.Шемякина, И.А. Кийко, Р.А. Васина; МГУ им. М.В.Ломоносова.— Репринт.изд.1948г. — М. : Логос, 2004 .— 388с. : ил. — (Классический университетский учебник) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-94010-377-4 /в пер./ : 158.95.

7.2 Дополнительная литература

1. Абросимов, Н.А. Нелинейные задачи динамики композитных конструкций: Монография / Н.А.Абросимов, В.Г.Баженов; Нижегород. гос. ун-т им. Н.И.Лобачевского. - Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2002. - 400с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-85746-639-3: 57.00.
2. Ивлев, Д.Д. Механика пластических сред. Т.1, Теория идеальной пластичности: В 2 т. / Д.Д.Ивлев. — М. : Физматлит, 2001. — 448с. — Библиогр. в конце ст. — ISBN 5-9221-0140-4 /в пер./ : 33.00.
- 10.2.5. Трещев, А.А. Теория деформирования и прочности материалов, чувствительных к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения / А.А.Трещев. — М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2008. — 264 с.: ил. — Библиогр. в конце кн. - ISBN 978-5-7679-1283-4. : 173.00.
3. Андреев, В.И. Некоторые задачи и методы механики неоднородных тел / В.И.Андреев. - М.: АСВ, 2002. - 288с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-93093-129-1: 91.00.
4. Агапов, В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций: учеб. пособие для вузов / Агапов В.П. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: АСВ, 2004. - 248с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-93093-303-0: 163.00.
5. Ступишин, Л.Ю. Применение метода конечных элементов в расчетах строительных конструкций: Учеб. пособие для вузов / Л.Ю.Ступишин, В.В.Бредихин, А.М. Крыгина, К.Е.Никитин; Курский гос. техн. ун-т. - Курск, 2002. - 255с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-7681-0105-5: 156.00.
6. Карпиловский, В.С. SCAD Office. Формирование сечений и расчет их геометрических характеристик: учеб. пособие для вузов / Карпиловский В.С. [и др.]. - М.: АСВ, 2006. - 80с.: ил. + 1 опт. диск (CD ROM). - (Интегрированная система анализа конструкций Structure CAD). - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-93093-291-3: 262.31.
7. Маркин, А.А. Тульский государственный университет. Нелинейная теория упругости : учеб. пособие / А.А.Маркин, Д.В.Христич; ТулГУ. — 2-е изд., доп. — Тула : Изд-во ТулГУ, 2007. — 92с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7679-1118-9 : 49.00.
8. Черных, К.Ф. Нелинейная упругость: (теория и приложения / К.Ф. Черных. — СПб. : Изд-во СОЛО, 2004. — 420с. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-98340-022-3 /в пер./ : 120.00.

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <https://smitu.ru/> – интернет-ресурс, Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет. Кафедра строительной механики и теории упругости
2. <https://scadsoft.com/news> – интернет-ресурс, Официальный сайт группы компаний "СКАД Софт"
3. <http://djvu-inf.narod.ru/tslib.htm> – интернет-ресурс, DjVu БИБЛИОТЕКИ - Строительство и инженерные системы
4. <http://publ.lib.ru/> – интернет-ресурс, Универсальная библиотека, портал создателей электронных книг, авторов произведений и переводов
5. <http://diminex.ru/> – интернет-ресурс, Строительство-библиотека строительства
6. <https://elib.spbstu.ru/> – интернет-ресурс, Фундаментальная библиотека СПбГПУ
7. <http://www.ipmnet.ru/> - Официальный сайт Института Проблем Механики РАН им. А.Ю.Ишлинского
8. http://www.elibrary.ru/org_items.asp?orgsid=656 – Научная электронная библиотека
9. <https://tsu.tula.ru/library/aboutlibrary> - Научная библиотека Тульского Государственного Университета

9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Текстовый редактор Microsoft Word;
2. Программа для работы с электронными таблицами Microsoft Excel;
3. Программа подготовки презентаций Microsoft PowerPoint;
4. САПР Stark ES
5. Пакет офисных приложений «МойОфис».

9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Компьютерная справочная правовая система КонсультантПлюс.