

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

МиКМ

проф. А.В. Ковалев

16.06.2021.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.27 Механика сплошной среды

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

01.03.03 Механика и математическое моделирование

2. Профиль подготовки/специализации: Все профили

3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

4. Форма образования: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Механики и компьютерного моделирования

6. Составители программы:

Спорыхин Анатолий Николаевич, доктор физ-мат. наук, профессор, факультет ПММ, кафедра МиКМ, spor@amm.vsu.ru

Щеглова Юлия Дмитриевна, канд. физ-мат. наук, доцент, факультет ПММ, кафедра МиКМ, scheglova@gmail.com

7. Рекомендована: НМС факультета ПММ протокол №10 от 15.06.2021.

8. Учебный год: 2022- 2023

Семестр(-ы): 4, 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

-изучение фундаментальных понятий и законов механики сплошных сред, основных методов физического моделирования и их приложений к современным задачам.

Задачи учебной дисциплины:

- научить студентов владеть теоретическим материалом, уметь формулировать и доказывать основные классические и современные результаты механики сплошных сред, владеть навыками решения классических и современных прикладных задач.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, алгебра, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, дифференциальная геометрия и топология, теоретическая и прикладная механика. Освоение основных концепций и проблем механики сплошных сред позволит в дальнейшем достаточно свободно ориентироваться при изучении специальных разделов механики сплошных сред, включающих в себя теорию упругости, теорию пластичности, гидромеханику.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	ОПК-1.2	Применяет системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач.	Знать: основы современных информационных технологий Уметь: формулировать в проблемно-задачной форме нематематические типы знания (в том числе гуманитарные) Владеть: системным подходом и математическими методами в формализации решения задач механики сплошных сред

ОПК-3	Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности	ОПК-3.1	Накапливает и систематизирует знания в области методов физического моделирования и современного экспериментального оборудования	<p>Знать: основные методы физического моделирования</p> <p>Уметь: использовать современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук</p>
-------	---	---------	---	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 8/288.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			4	5
Контактная работа		128	64	64
в том числе:	лекции	64	32	32
	практические	64	32	32
	лабораторные			
	курсовая работа			
	др. виды(при наличии)			
Самостоятельная работа		88	44	44
Промежуточная аттестация (для экзамена)		72	36	36
Итого:		288	144	144

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-------	---------------------------------	-------------------------------	--

1	Введение.	Предмет и методы МСС. Основные гипотезы. Законы движения континуума. Способы описания движения по Лагранжу и Эйлеру. Понятие скорости и ускорения точек сплошной среды.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
2	Кинематика деформируемой среды.	Векторы базиса. Индивидуальные и местные производные по времени. Вектор-градиент. Установившиеся и неуставившиеся движения.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
3		Полиадные произведения векторов базиса. Определение тензора. Операции над тензорами.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
4		Ковариантные, контравариантные и смешанные компоненты тензора. Метрический тензор. Формулы преобразования тензоров.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
5		Тензоры деформаций. Геометрический смысл компонент тензоров деформаций. Связи главных компонент тензоров деформаций. Коэффициент кубического расширения.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
6		Вектор перемещения. Ковариантное дифференцирование компонент тензоров и векторов и его свойства.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
7		Символы Кристоффеля и их свойства. Тензоры деформаций Грина, Альманси, Коши. Формулы преобразования символов Кристоффеля. Условие евклидовости пространства.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
8		Тензор Римана-Кристоффеля. Свойства симметрии компонент тензора Римана-Кристоффеля.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
9		Уравнения совместности деформаций. Случай бесконечно малых деформаций - уравнения Сен-Венана.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
10		Свойства аффинных преобразований. Геометрическая картина преобразования малой частицы сплошной среды. Тензор скоростей деформаций.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
11		Бесконечно малое аффинное преобразование малой частицы сплошной среды. Кинематические истолкования компонент тензора скоростей деформаций.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281

			se/view.php?id=12281
12		Вектор вихря и его кинематическое истолкование. Теорема Коши-Гельмгольца. Понятие дивергенции вектора скорости. Теорема Стокса. Потенциальные и вихревые движения.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
13	Динамические уравнения механики сплошных сред.	Теорема Гаусса-Остроградского. Уравнение неразрывности в переменных Лагранжа и Эйлера.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
14		Уравнение неразрывности для многокомпонентных сред. Понятие сил. Уравнение количества движения для конечного объема сплошной среды. Основное свойство внутренних напряжений.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
15		Уравнения движения сплошной среды в декартовой системе координат. Уравнения движения сплошной среды в произвольной системе координат.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
16		Момент количества движения конечного объема сплошной среды. Уравнение моментов количества движения в дифференциальной форме. Симметрия тензора напряжений в классическом случае.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
17		Уравнения движения идеальной жидкости. Замкнутые системы уравнений движения идеальной сжимаемой и несжимаемой жидкости.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
18	Замкнутые системы уравнений для идеальных тел.	Упругие тела. Вязкие жидкости. Законы Гука и Навье-Стокса в произвольной криволинейной системе координат.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
19		Уравнения Навье-Стокса. Полная система уравнений движения несжимаемой вязкой жидкости. Уравнения Ламэ.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
20		Идеальные классические тела. Метод составления реологических уравнений сложных сред. Тело Кельвина, Максвелла и т.д.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
21		Общие основы постановки конкретных задач. Типичные упрощения в постановках задач.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
22		Движение несжимаемой вязкой жидкости в цилиндрических трубах, течение Пуазеля. Плоское течение Куэтта. Турбулентные	Механика сплошных сред

		движения. Опыты Рейнольдса.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
23		Задачи об одноосном растяжении упругого бруса.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
24		Задача Ламэ.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
25		Постановка задач теории упругости, уравнение Бельтрами-Миччела.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
26		Плоское деформированное и плоское напряженное состояние. Полоса при сжатии (растяжении).	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
27	Основы теории пластичности и реологии.	Теорема живых сил (закон сохранения энергии) для конечного объема и точки. Уравнение баланса механической энергии. Первое и второе начало термодинамики.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
28		Тензоры пластических, упругих и полных деформаций. Принцип минимума работы.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
29		Условия пластичности Треска и Мизеса. Поверхность текучести.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
30		Определение напряженно-деформированного состояния в полосе при сжатии.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
31		Статически определяемые задачи (случай плоского напряженного состояния).	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
32		Полные системы уравнений равновесия идеально-пластического тела в случае условия пластичности Мизеса.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
33		Построение определяющих соотношений для упруговязкопластических сред.	Механика сплошных сред

	Простейшие сложные среды, их модели. Полные системы уравнений.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
34	Соотношения теории малых упругопластических деформаций.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281
35	Полные системы уравнений.	Механика сплошных сред https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12281

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практическое	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Введение.	10	5		20	35
2.	Кинематика деформируемой среды.	12	13		17	42
3.	Динамические уравнения механики сплошных сред.	14	16		16	46
4.	Замкнутые системы уравнений для идеальных тел.	16	20		15	51
5.	Основы теории пластичности и реологии.	12	10		20	42
	Итого	64	64		88	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

На лекционных занятиях студенты знакомятся с основными понятиями курса, их логической взаимосвязью. Изучение тем начинается с лекций, которые составляют основу теоретической подготовки студентов. Лекции читаются с использованием технических средств обучения. На самостоятельной работе студенты развивают и углубляют полученные знания. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме, выполнение индивидуальных заданий. Практические занятия позволяют развивать у студентов творческое теоретическое мышление, умение самостоятельно изучать литературу, анализировать практику; учат четко формулировать мысль, вести дискуссию, то есть имеют исключительно важное значение в развитии самостоятельного мышления. При подготовке к практическим занятиям необходимо повторить основные положения и понятия по теме занятия. При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Краснобаев К.В. Лекции по основам механики сплошной среды. / К.В. Краснобаев. — М. :Физматлит, 2005. — 108с. URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574777
2	Корабельников, Д. В. Практикум по основам механики сплошных сред : учебное пособие / Д. В. Корабельников, А. В. Ханефт. — Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. — 103 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232408 (дата обращения: 12.11.2021). — ISBN 978-5-8353-1135-4.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Черняк, В. Г. Механика сплошных сред : учебное пособие / В. Г. Черняк, П. Е. Суетин. — Москва : Физматлит, 2006. — 352 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69276
4	Орлова, Н. Б. Сборник тестовых заданий по механике : учебное пособие / Н. Б. Орлова, И. Б. Формусатик ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 63 с. : ил., табл. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576447
5	Векторный и тензорный анализ: курс лекций : учебное пособие / авт.-сост. В. И. Волкова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Северо-Кавказский федеральный университет. — Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2018. — 138 с. : ил. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=562699
6	Решение неконсервативных задач теории устойчивости : учебное пособие / В. П. Радин, Ю. Н. Самогин, В. П. Чирков, А. В. Щугорев. — Москва : Физматлит, 2017. — 237 с. : ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485332

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	Электронная библиотека ВГУ www.lib.vsu.ru
8	Научно-образовательный центр при МИАН http://www.mi.ras.ru/
9	Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ http://www.lib.mexmat.ru/
10	Механика сплошных сред / А.Н. Спорыхин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.moodle.ru .

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

Для обеспечения самостоятельной работы студентов, в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» сформирован учебно-методический комплекс, который включает в себя: программу курса, учебные пособия и справочные материалы, методические указания по выполнению заданий. Студенты получают доступ к данным материалам на первом занятии по дисциплине.

Указанные в учебно-методическом комплексе учебные пособия и справочные материалы, приведены в таблице ниже:

№ п/п	Источник
1.	Краснобаев К.В. Лекции по основам механики сплошной среды. / К.В. Краснобаев. — М. :Физматлит, 2005. — 108с. URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574777
2.	Решение неконсервативных задач теории устойчивости : учебное пособие / В. П. Радин, Ю. Н. Самогин, В. П. Чирков, А. В. Щугорев. – Москва : Физматлит, 2017. – 237 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485332
3.	Механика сплошных сред / А.Н. Спорыхин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.moodle.ru .

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости):

При реализации дисциплины могут проводиться различные типы лекций (вводная, обзорная и т.д.), применяться дистанционные образовательные технологии в части освоения лекционного материала, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Механика сплошных сред», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория: специализированная мебель, Компьютеры, Интерактивная доска, Мультимедиа-проектор

Программное обеспечение: Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО)Microsoft Visual Studio Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО), Notepad ++ (свободное и/или бесплатное ПО)Справочно-правовая система Гарант (на сервере) (договор о сотрудничестве №19/08 от 10.12.2006), Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение.	ОПК-1	ОПК-1.2	<i>Собеседование</i>
2.	Кинематика деформируемой среды.	ОПК-3	ОПК-3.3	<i>Домашние задания</i>
3.	Динамические уравнения механики сплошных сред.	ОПК-3	ОПК-3.3	<i>Домашние задания</i>
4.	Замкнутые системы уравнений для идеальных тел.	ОПК-3	ОПК-3.3	<i>Домашние задания</i>
5.	Основы теории пластичности и реологии.	ОПК-1	ОПК-1.2	<i>Собеседование</i>
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				<i>Перечень вопросов</i>

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Практикоориентированные задания/домашние задания

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Перечень заданий из задачников и пособий из п.15

Проводится путем проверки выполненных упражнений

Оценка	Критерии оценок
Отлично	Правильное решение задачи.
Хорошо	Правильное решение задачи, но есть некоторые ошибки.
Удовлетворительно	Неправильное решение задачи, но верно выбран метод решения.
Неудовлетворительно	Неправильное решение задачи, причем неверно выбран метод решения.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по экзаменационным билетам

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Вопросы к экзамену:

1. Основные понятия. Сплошная среда. Однородная среда. Изотропные и анизотропные тела. Кинематическое описание сплошной среды.
2. Основные понятия. Внешние силы. Принцип Сен-Венана.
3. Основные понятия. Внутренние силы.
4. Основные понятия. Простейшие примеры однородных напряженных состояний.
5. Основные понятия. Упругость.
6. Упругая энергия и упругие потенциалы.
7. Термодинамика упругой деформации.
8. Распространение упругих волн в стержнях.
9. Постановка задач теории упругости. Полная система уравнений теории упругости в декартовых координатах
10. Постановка задач теории упругости в перемещениях. Уравнения Ламе.
11. Постановка задач теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами–Митчелла.
12. Вариационные уравнения теории упругости. Принцип Рейснера.
13. Вариационные принципы Лагранжа и Кастильяно.
14. Обобщенные силы и перемещения.
15. Основные теоремы теории упругости.
16. Задача о толстостенной трубе.
17. Простейшая задача о концентрации напряжений. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений.
18. Постановка динамических задач теории упругости.
19. Неравенство Рэлея и метод Ритца.
20. Распространение плоских волн в упругой среде.
21. Напряженное состояние в окрестности точки тела. Граничные условия. Тензор напряжений. Инварианты тензора напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия.
22. Перемещения и деформации. Виды деформации. Однородная деформация. Составляющие малой деформации. Соотношения Коши. Тензор деформации. Линейная деформация элемента произвольного направления.
23. Плоская деформация.
24. Плоское напряженное состояние.

Оценка "отлично"	Полные и точные ответы на 2 вопроса экзаменационного билета; свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче экзамена
Оценка "хорошо"	Полные и точные ответы на 2 вопроса экзаменационного билета; знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче экзамена
Оценка	Полный и точный ответ на 1 вопрос экзаменационного билета; удовлетворительное знание основных терминов

"удовлетворительно"	и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов
Оценка "неудовлетворительно"	Полный и точный ответ на 1 вопрос экзаменационного билета и менее

Программа рекомендована НМС факультета ПММ протокол №9 от 23.05.2020.