

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

МикМ

проф. А.В. Ковалев  
07.03.2024г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.03 Спецсеминар по механике деформируемого твердого тела

**1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**

01.04.03 Механика и математическое моделирование

**2. Профиль подготовки/специализации:** Прикладная механика и компьютерное моделирование

**3. Квалификация (степень) выпускника:** Магистр

**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](mailto:spor@amm.vsu.ru)

**7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ протокол №8 от 27.02.2024

**8. Учебный год:** 2024 - 2026

**Семестр(-ы):** 2,3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение современного состояния научных исследований по направлению (теме) магистерской диссертации и их приложений к поставленной задаче, формирование навыков представления результатов профессиональному сообществу

Задачи учебной дисциплины:

- формирование у студентов умений, навыков составления обзора научных работ по теме магистерских диссертаций и обоснования места магистерской диссертации среди данного научного направления

- выбор и обоснование методов решения поставленных задач, а также навыков представления основных текущих результатов исследования по теме диссертации

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к базовому блоку Б1 Для освоения дисциплины необходимы знания математических дисциплин, основ механики сплошных сред. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать специальные курсы по профилю подготовки и успешно осваивать новейшие научные результаты при изучении дисциплины “Современные проблемы механики”.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: основные современные научные направления в механике сплошных сред.
- 2) Владеть: навыками решения классических и поставленных задач.

## 11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать методы решения исследовательских задач адекватно поставленным целям с учетом широкого понимания профессиональной области и/или области обучения, в том числе на междисциплинарном уровне	ПК-1.1	Проводит информационный поиск для решения исследовательских задач с использованием открытых источников информации и специализированных баз данных.	Знать: основные методы решения задач механики сплошных сред  Уметь: выбирать оптимальное решение для поставленной задачи  Владеть: навыком поиска необходимой информации
		ПК-1.4	Формирует (разрабатывает) план проведения научно-исследовательских работ.	Знать: основные этапы и порядок проведения научно-исследовательских работ  Уметь: организовать план работ для решения поставленной задачи механики сплошных сред  Владеть: навыками самостоятельной работы
ПК-3	Способен обрабатывать, интерпретировать и оформлять результаты проведенных	ПК-3.3	Составляет отчет по результатам НИР и НИОКР в выбранной области науки.	Знать: основные соотношения и понятия механики сплошных сред  Уметь: интерпретировать полученный символичный

	исследований в выбранной области науки			результат, делать выводы, представлять их в наглядном виде (графики, таблицы)  Владеть: пакетами программ, позволяющими численно решить задачи механики сплошных сред
ПК-4	Способен представлять научно-технические результаты профессиональному сообществу	ПК-4.1	Готовит публикации по результатам работы в форме тезисов докладов, кратких сообщений и научных статей в научных изданиях.	Знать: основные требования к оформлению тезисов докладов, кратких сообщений и научных статей в научных изданиях  Уметь: выделять тезисы доклада, главные части научно-исследовательской работы  Владеть: навыками оформления текста
		ПК-4.2	Представляет результаты работы в устной форме на русском и английском языке с использованием презентаций на научных семинарах, конференциях различного уровня и/или в рамках дискуссий на научных (научно-практических) мероприятиях.	Знать: основные современные научные направления в механике сплошных сред  Уметь: презентовать результаты своей работы с использованием презентации  Владеть: навыками решения классических и поставленных задач

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 / 72.**

**Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен): Зачет**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		№ 2	№3
Контактная работа	28	16	12
В том числе:	лекции		
	практические	28	16
	лабораторные		
Самостоятельная работа	44	20	24
Промежуточная аттестация (для экзамена)		зачет	зачет
Итого:	72	36	36

**13.1. Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Практические занятия			
1.	Информационные ресурсы	Поиск информации. Информационные ресурсы библиотек ВГУ, МГУ и т.д.	Спецсеминар по механике деформируемого твердого тела  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283</a>
2.	Магистерские диссертации	Постановки задач магистерских диссертаций. Обзор работ по теме магистерских диссертаций. Место магистерской диссертации среди данного научного направления.	Спецсеминар по механике деформируемого твердого тела  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283</a>
3.	Решение поставленных задач	Определение системы уравнений поставленных задач. Выбор и обоснование методов решения поставленных задач.	Спецсеминар по механике деформируемого твердого тела  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283</a>
4.	Текущие результаты	Основные текущие результаты исследования по теме диссертации.	Спецсеминар по механике деформируемого твердого тела  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12283</a>

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практика	СРС	Всего
1.	Информационные ресурсы		5	9	14
2.	Магистерские диссертации		8	13	21
3.	Решение поставленных задач		10	10	20
4.	Текущие результаты		5	12	17
	Итого		28	44	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

На самостоятельной работе студенты развивают и углубляют полученные знания. Знакомятся с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания. Студентам рекомендовано составлять конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. 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 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.	Стеклов, В. А. Работы по механике, 1902-1909 гг.: переводы с французского : сборник научных трудов/ В. А. Стеклов. – Москва ; Ижевск : Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. – 490 с. – <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468799">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468799</a>
2	Гуртов, В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2012. – 560 с. – (Мир физики и техники). –URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых / ред. кол.: А. А. Барях и др. ; гл. ред. В. Н. Опарин ; учред. Сибирское отделение РАН, Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН. – Новосибирск : СО РАН, 2018.– № 3.– 198 с. : ил.URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492557">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492557</a> . – ISSN 0015-3273
4.	Попов, А. Н. Разрушение горных пород : учебное пособие / А. Н. Попов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 184 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617363">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617363</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
5.	Электронная библиотека ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a>
6.	Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ»
7.	ЭБС «Консультант студента»
8.	ЭБС «Лань»
9.	Спецсеминар по механике деформируемого твердого тела / А.Н. Спорыхин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.moodle.ru">https://edu.moodle.ru</a> .

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

Самостоятельная работа обучающегося должна включать подготовку к практическим занятиям и подготовку к промежуточной аттестации.

Для обеспечения самостоятельной работы студентов, в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» сформирован учебно-методический комплекс. Студенты получают доступ к курсу на первом занятии по дисциплине.

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

№ п/п	Источник
1.	Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых / ред. кол.: А. А. Барях и др. ; гл. ред. В. Н. Опарин ; учред. Сибирское отделение РАН, Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН. – Новосибирск : СО РАН, 2018.– № 3.– 198 с. : ил. URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492557">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=492557</a> . – ISSN 0015-3273
2.	Попов, А. Н. Разрушение горных пород : учебное пособие / А. Н. Попов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 184 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617363">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=617363</a>
3.	Спецсеминар по механике деформируемого твердого тела / А.Н. Спорыхин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.moodle.ru">https://edu.moodle.ru</a> .

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

При реализации дисциплины могут применяться дистанционные образовательные технологии в части освоения, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам.

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

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебная аудитория для проведения практических занятий: специализированная мебель, персональные компьютеры для индивидуальной работы.

Программное обеспечение: ОС Windows 8 (10), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами (MS Office, МойОфис, LibreOffice), ПО Pascal ABC NET, ПО Free Pascal

**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.	Информационные ресурсы	ПК-1	ПК-1.1	Собеседование

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
2.	Магистерские диссертации	ПК-4	ПК-4.1 ПК-4.2	Доклад
3.	Решение поставленных задач	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Собеседование
4.	Текущие результаты	ПК-3	ПК-3.3	Отчет по результатам НИР
Промежуточная аттестация форма контроля - доклад				Перечень тем докладов

## 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: Собеседование, доклад

#### Доклад

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Темы докладов (примерные)

1. Привести реологические уравнения идеальных классических тел, учитывающих формоизменения, но не учитывающих изменения объема.
  2. Какие механические модели соответствуют простым телам. Привести их.
  3. Основные два правила при параллельном и горизонтальном соединении простых тел.
  4. Вывод реологического уравнения для сжимаемого тела Максвелла.
  5. Вывести реологическое уравнения для несжимаемого тела Максвелла.
  6. Механическая модель тела Кельвина-Фойгта и уравнения состояния в одномерном случае.
  7. Реологическое уравнение для сжимаемого тела Кельвина-Фойгта, вывод.
  8. Какие уравнения являются универсальными для любой сплошной среды в случае малых деформаций.
  9. Механическая модель тела Пойтинга, уравнения состояния.
  10. Механическая модель тела S
- Доклад представляется в распечатанном виде.

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Успешный доклад обзора исследований по направлению магистерской диссертации и текущее решение поставленной задачи.
Не зачтено	Неудовлетворительное посещение занятий, невыполнение контрольных работ.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

## Доклад

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Темы докладов (примерные)

1. Привести реологические уравнения идеальных классических тел, учитывающих формоизменения, но не учитывающих изменения объема.
  2. Какие механические модели соответствуют простым телам. Привести их.
  3. Основные два правила при параллельном и горизонтальном соединении простых тел.
  4. Вывод реологического уравнения для сжимаемого тела Максвелла.
  5. Вывести реологическое уравнения для несжимаемого тела Максвелла.
  6. Механическая модель тела Кельвина-Фойгта и уравнения состояния в одномерном случае.
  7. Реологическое уравнение для сжимаемого тела Кельвина-Фойгта, вывод.
  8. Какие уравнения являются универсальными для любой сплошной среды в случае малых деформаций.
  9. Механическая модель тела Пойтинга, уравнения состояния.
  10. Механическая модель тела S
- Доклад представляется в распечатанном виде.

Описание технологии проведения: Средство контроля, организованное как выступление студента на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Успешный доклад обзора исследований по направлению магистерской диссертации и текущее решение поставленной задачи.
Не зачтено	Неудовлетворительное посещение занятий, невыполнение контрольных работ.

### 20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Привести вид уравнения состояния для деформации объема характерном для всех моделей

- Ответ:
1.  $J_1(\epsilon_{ij})=0$
  2.  $KJ_1(\epsilon_{ij})=J_1(\rho_{ij}) \quad K=\frac{E}{3(1-2\nu)}$
  3.  $K=0$

ЗАДАНИЕ 2. При каком соединении (||) или (-) несколько простых тел эквиваленты одному компакту.

- Ответ:
1. при (||) соединены.
  2. при (-) - и -.
  3. при (||) и (-) соединены

ЗАДАНИЕ 3. Какие тела относятся к идеально-классическим

- Ответ:
1. H, N
  2. H, Stv
  3. H, N, Stv

ЗАДАНИЕ 4. Какие свойства одновременно учитывает тело  $S_p$

- Ответ:
1. EP – упругость и пластичность
  2. EV - вязкость

### 3. EVPe – упругость и вязкость

ЗАДАНИЕ 5. Какие свойства одновременно учитывает тело Бингама(В.)

- Ответ:
1. EP
  2. EBP
  3. EV

ЗАДАНИЕ 6. Какие свойства учитывает тело Мизеса

- Ответ:
1. EV
  2. EP
  3. P

ЗАДАНИЕ 7. Какая составляющая деформации не учитывается в теории Сен-Венана-Леви-Мизеса

- Ответ:
- 1.

$$2. \quad \varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^{\rho} + \varepsilon_{ij}^e \quad \varepsilon_{ij}^{\rho} + \varepsilon_{ij}^e$$

$$3. \quad \varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^{\rho}$$

ЗАДАНИЕ 8. Условия пластичности модели тела  $S_p$

Ответ:

1. 
$$\left( -\dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta - c \varepsilon_{ij}^{\rho} + s_{ij} \right) \left( -\dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta - c \varepsilon_{ij}^{\rho} + s_{ij} \right) = k^2$$

2. 
$$\left( s_{ij} - c \varepsilon_{ij}^{\rho} \right) = \left( s_{ij} - c \varepsilon_{ij}^{\rho} \right) = k^2$$

3. 
$$s_{ij} = s_{ij} = k^2$$

ЗАДАНИЕ 9. Условие пластичности тела Ивлева-Импинс

Ответ:

1. 
$$\left( -\dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta - c \varepsilon_{ij}^{\rho} + s_{ij} \right) \left( -\dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta - c \varepsilon_{ij}^{\rho} + s_{ij} \right) = k^2$$

2. 
$$\left( s_{ij} - c \varepsilon_{ij}^{\rho} \right) = \left( s_{ij} - c \varepsilon_{ij}^{\rho} \right) = k^2$$

3. 
$$s_{ij} = s_{ij} = k^2$$

ЗАДАНИЕ 10. Условия пластичности тела Бингама (В)

Ответ:

1. 
$$\left( -\dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta - c \varepsilon_{ij}^{\rho} + s_{ij} \right) \left( -\dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta - c \varepsilon_{ij}^{\rho} + s_{ij} \right) = k^2$$

2. 
$$\left( s_{ij} - \dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta \right) = \left( s_{ij} - \dot{\varepsilon}_{ij}^{\rho} \eta \right) = k^2$$

3. 
$$s_{ij} = s_{ij} = k^2$$

### 2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Привести реологические уравнения идеальных классических тел, учитывающих формоизменения, но не учитывающих изменения объема.

ЗАДАНИЕ 2. Какие механические модели соответствуют простым телам. Привести их.

ЗАДАНИЕ 3. Основные два правила при параллельном и горизонтальном соединении простых тел.

ЗАДАНИЕ 4. Вывод реологического уравнения для сжимаемого тела Максвелла.

ЗАДАНИЕ 5. Вывести реологическое уравнения для несжимаемого тела Максвелла.

ЗАДАНИЕ 6. Механическая модель тела Кельвина-Фойгта и уравнения состояния в одномерном случае.

ЗАДАНИЕ 7. Реологическое уравнение для сжимаемого тела Кельвина-Фойгта, вывод.

ЗАДАНИЕ 8. Какие уравнения являются универсальными для любой сплошной среды в случае малых деформаций.

ЗАДАНИЕ 9. Механическая модель тела Пойтинга, уравнения состояния.

ЗАДАНИЕ 10. Механическая модель тела S

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины.