

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

МиКМ

проф. А.В. Ковалев

22.03.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.07 Приближенные методы в механике

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

01.03.03 Механика и математическое моделирование

**2. Профиль подготовки/специализации:** Компьютерный инжиниринг в механике сплошных сред

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

**4. Форма образования:** Очная

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

**6. Составители программы:**

Ковалев Алексей Викторович, доктор физ-мат. наук, профессор, факультет ПММ, кафедра МиКМ, [kovalev@amm.vsu.ru](mailto:kovalev@amm.vsu.ru)

**7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ протокол №5 от 22.03.2024

**8. Учебный год:** 2027 - 2028

**Семестр(-ы):** 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

-овладение теоретическими знаниями и практическими навыками решения задач устойчивости путем применения существующего программного обеспечения.

*Задачи учебной дисциплины:*

-научить студента фундаментальным понятиям дисциплины, ознакомить с современным состоянием дисциплины, научить формулировать и доказывать основные классические и современные положения дисциплины, применять существующие программные пакеты, ознакомить с решениями классических и современных задач механики сплошных сред.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Учебная дисциплина относится к формируемой участниками образовательных отношений части Блока1. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин математического цикла, механики сплошных сред, реологии сплошных сред.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-4	Способен строить математические модели для проведения расчетных работ с использованием современных инженерно-вычислительных комплексов	ПК-4.1	Имеет представление об основных математических моделях и методах компьютерного моделирования механики, программных пакетах, предназначенных для решения различных инженерных задач: расчётов, анализа и симуляции механических процессов; условиях применимости данных моделей и методов	Знать: фундаментальные понятия дисциплины, быть знакомым с современным состоянием дисциплины. Уметь: формулировать и доказывать основные классические и современные положения дисциплины, применять существующие программные пакеты Владеть: навыками решения классических и современных задач
ПК-5	Способен проводить расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности основных	ПК-5.1	Накапливает и систематизирует знания о методах расчетных исследований напряженно-деформированного состояния тел (стержни, пластины,	Знать: основные методы расчетных исследований напряженно-деформированного состояния тел Уметь: выбирать важную информацию,

конструкционных элементов при воздействии силовых факторов на основе современных средств твердотельного 3D-моделирования	оболочки), прочности; основах компьютерного инжиниринга и виртуального моделирования проблем механики сплошных сред	которая касается математического моделирования в теории пластичности  Владеть: навыками виртуального моделирования проблем механики сплошных сред
--	---	---

## 12. Структура и содержание учебной дисциплины:

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

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен): зачет с оценкой

## 13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
Аудиторные занятия	32	32
в том числе:		8
лекции	16	16
практические	16	16
лабораторные		
Самостоятельная работа	40	40
Итого:	72	72
Форма промежуточной аттестации	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой

### 13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Понятие устойчивости. Концепции, подходы и методы исследования задач устойчивости.	Понятие устойчивости. Задача Эйлера. Подходы к исследованию устойчивости. Вариационный принцип. Энергетический критерий устойчивости. Теорема Лагранжа-Дирихле. Методы Ритца, Тимошенко, Бубнова-Галеркина и т.д. Динамический подход. Критерий устойчивости. Упругопластический продольный изгиб. Классическая концепция. Различные подходы к определению критической нагрузки. Современная концепция Шенли.	Приближенные методы в механике  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048</a>

2	Постановка задач об устойчивости трехмерных тел. Модели сред. Лианеризированные уравнения.	Уравнения равновесия и граничные условия трехмерных тел. Общие принципы, их упрощения. Уравнения состояния для упругих, вязкоупругих пластических и сложных сред. Постановка задачи об устойчивости трехмерных деформируемых тел. Лианеризированные соотношения. Варианты теории малых начальных деформаций. Лианеризированные уравнения состояния для сжимаемых и несжимаемых упругих, вязкоупругих, пластических и сложных тел.	Приближенные методы в механике <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048</a>
3	Классификация задач. Критерии устойчивости и упрощения в постановке задач при неупругих деформациях. Общая постановка задач.	Классификация задач. Критерии устойчивости и упрощения в постановке задач при неупругих деформациях. Общая постановка задач для различных моделей сред. Достаточные условия применимости статического метода исследования.	Приближенные методы в механике <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048</a>
4	Методы решения задач устойчивости.	Общие решения уравнений статической устойчивости для однородных основных напряженных состояний. Метод решения трехмерных задач устойчивости при неоднородных основных состояниях.	Приближенные методы в механике <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6048</a>

### 13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Понятие устойчивости. Концепции, подходы и методы исследования задач устойчивости.	4	4		10	18
2	Постановка задач об устойчивости трехмерных тел. Модели сред. Лианеризированные уравнения.	4	4		10	18
3	Классификация задач. Критерии устойчивости и упрощения в постановке задач при неупругих деформациях. Общая постановка задач.	4	2		10	16
4	Методы решения задач устойчивости.	4	6		10	20

	Итого	16	16		40	72
--	-------	----	----	--	----	----

#### 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	Казикаев, Д. М. Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд : учебное пособие / Д. М. Казикаев, Г. В. Савич. – 2-е изд. – Москва : Горная книга, 2013. – 224 с. – (Горное образование). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228933">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228933</a>
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: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485332">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485332</a>
3	Бегун, П. И. Прикладная механика : учебник / П. И. Бегун, О. П. Кормилицын. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Политехника, 2012. – 467 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=124008">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=124008</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Барсуков, В. И. Физика. Механика : учебное пособие / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015. – 248 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444574">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=444574</a>
5	Прочность и устойчивость подкрепленных оболочек вращения : практическое пособие : в 2 частях : [16+]. – Москва : Физматлит, 2010. – Часть 1. Модели и алгоритмы исследования прочности и устойчивости подкрепленных оболочек вращения. – 287 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. –

	URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457439">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457439</a>
6	Банщикова, И. А. Комплекс ANSYS: анализ устойчивости конструкций : учебное пособие : [16+] / И. А. Банщикова, М. А. Леган, К. А. Матвеев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 66 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575174">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575174</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	Электронная библиотека ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a>
8	Научно-образовательный центр при МИАН <a href="http://www.mi.ras.ru/">http://www.mi.ras.ru/</a>
9	Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <a href="http://www.lib.mexmat.ru/">http://www.lib.mexmat.ru/</a>
11	Приближенные методы в механике / А.В. Ковалев. — 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.)**

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.	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: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485332">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485332</a>
2.	Приближенные методы в механике / А.В. Ковалев. — 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 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 «Приближенные методы в механике», 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, Мультимедиа-проектор, Мультимедийная акустическая система

Программное обеспечение: IntelliJ IDEA Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО), Paskal ABC NET (свободное и/или бесплатное ПО), Jet Brains PyCharm Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО), Anaconda (свободное и/или бесплатное ПО), Maxima (свободное и/или бесплатное ПО), Scilab (свободное и/или бесплатное ПО), LibreOffice (свободное и/или бесплатное ПО), NetBeans IDE (свободное и/или бесплатное ПО), Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО), Microsoft Visual Studio Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО), Notepad ++ (свободное и/или бесплатное ПО), Free Pascal (свободное и/или бесплатное ПО), Anylogic (свободное и/или бесплатное ПО), WireShark (свободное и/или бесплатное ПО), Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО), Matlab (сублиц. контракт 3010-07/01-19 от 09.01.19. Лицензия до 31.01.2022)

### 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	Понятие устойчивости. Концепции, подходы и методы исследования задач устойчивости.	ПК-5	ПК-5.1	<i>Собеседование</i>
2	Постановка задач об устойчивости трехмерных тел. Модели сред. Лианеризированные уравнения.	ПК-4	ПК-4.1	<i>Собеседование</i>
3	Классификация задач. Критерии устойчивости и упрощения в постановке задач при неупругих деформациях. Общая постановка задач.	ПК-4	ПК-4.1	<i>Собеседование</i>
4	Методы решения задач устойчивости.	ПК-4	ПК-4.1	<i>Собеседование</i>
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				<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: Собеседование

*Собеседование*

---

*(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)*

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

Зачтено	Полный и точный ответ на 1 вопрос экзаменационного билета; удовлетворительное знание основных терминов 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
Не зачтено	Неверные ответы на вопросы экзаменационных билетов

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Собеседование по экзаменационным билетам*

---

*(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)*

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

Вопросы к экзамену:

1. Понятие устойчивости. Задача Эйлера.
2. Подходы к исследованию устойчивости. Вариационный принцип. Энергетический критерий устойчивости. Теорема Лагранжа-Дирихле.
3. Методы Ритца, Тимошенко, Бубнова-Галеркина и т.д.
4. Динамический подход. Критерий устойчивости.
5. Упругопластический продольный изгиб. Классическая концепция. Различные подходы к определению критической нагрузки. Современная концепция Шенли.
6. Уравнения равновесия и граничные условия трехмерных тел. Общие принципы, их упрощения.
7. Уравнения состояния для упругих, вязкоупругих пластических и сложных сред.
8. Постановка задачи об устойчивости трехмерных деформируемых тел.
9. Лианеризированные соотношения. Варианты теории малых начальных деформаций.

10. Линеаризированные уровнения состояния для сжимаемых и несжимаемых упругих, вязкоупругих, пластических и сложных тел.
11. Классификация задач. Критерии устойчивости и упрощения в постановке задач при неупругих деформациях.
12. Общая постановка задач для различных моделей сред.
13. Достаточные условия применимости статического метода исследования.
14. Общие решения уравнений статической устойчивости для однородных основных напряженных состояний.
15. Метод решения трехмерных задач устойчивости при неоднородных основных состояниях.

Экзамен проводится на основе КИМ, составленных на основе вопросов для подготовки к экзамену.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен применять теоретические знания для решения практических задач в области теории упругости, допускает ошибки при иллюстрации примерами.	Хорошо
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), но не способен применять теоретические знания для решения практических задач, допускает ошибки при иллюстрации примерами.	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при иллюстрации примерами.	Неудовлетворительно

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

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

1. Что такое устойчивость в механике?

**а) Способность системы оставаться в равновесии**

**б) Способность системы выдерживать динамическую нагрузку**

- c) Сопротивление системы воздействиям внешней среды
- d) Способность системы противостоять деформациям

2. Какой принцип используется при исследовании устойчивости?

- a) Вариационный принцип**
- b) Принцип наименьшего действия
- c) Принцип инерции
- d) Принцип относительности

3. Какие методы используются для решения задачи об устойчивости?

- a) Методы Ритца и Тимошенко
- b) Методы Эйлера и Лагранжа
- c) Методы Бубнова-Галеркина и Шенли
- d) Все перечисленные методы**

4. Какой критерий используется для определения устойчивости деформируемых тел?

- a) Энергетический критерий**
- b) Критерий Лагранжа-Дирихле
- c) Вариационный критерий
- d) Критерий динамической устойчивости

5. Какая концепция используется при изучении упругопластического продольного изгиба?

- a) Классическая концепция
- b) Современная концепция Шенли**
- c) Концепция динамического подхода
- d) Концепция упругости Вигнера

6. Какие уравнения используются для описания равновесия трехмерных тел?

- a) Уравнения Максвелла
- b) Уравнения Навье-Стокса
- c) Уравнения Эйлера

#### **d) Уравнения Навье-Ламе**

7. Какие уравнения состояния используются для сложных сред?

- a) Упругие уравнения состояния
- b) Вязкоупругие уравнения состояния
- c) Пластические уравнения состояния

**d) Все перечисленные уравнения состояния**

8. Какие принципы учитываются в постановке задачи об устойчивости трехмерных деформируемых тел?

- a) Принцип сохранения массы и импульса
- b) Принцип сохранения энергии и момента
- c) Принцип виртуальной работы и уравнения равновесия**
- d) Все перечисленные принципы

9. Какие соотношения используются в линеаризированных моделях?

- a) Соотношения Гука**
- b) Соотношения Коши
- c) Соотношения Гиббса
- d) Соотношения Максвелла

10. Какие задачи рассматриваются при неупругих деформациях?

- a) Задачи о пластичности
- b) Задачи о вязкости
- c) Задачи о вязкоупругости

**d) Все перечисленные задачи**

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

1. Понятие устойчивости. Критической нагрузки.
2. Подходы к исследованию устойчивости.
3. Что характерно для равновесного состояния системы?
4. Что следует из теоремы Лагранжа-Дирихле?
5. Какое уравнение является исходным в методе конечных разностей?

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