

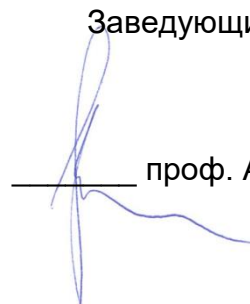
МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

МиКМ

проф. А.В. Ковалев  
29.05.2023г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.01.02 Асимптотические методы в механике

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

01.04.03 Механика и математическое моделирование

**2. Профиль подготовки:** 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:**

Гоцев Дмитрий Викторович, доктор физ-мат. наук, профессор, факультет ПММ, кафедра МиКМ, rbgotsev@mail.ru

**7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ протокол №7 от 26.05.2023.

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр(-ы):** 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:* Изучение и освоение методов математического моделирования и проведения исследования в задачах механики деформируемого твердого тела и механики жидкости и газа

*Задачи учебной дисциплины:*

Задачами изучения дисциплины являются формирование навыков самостоятельного использования слушателями математического аппарата асимптотической теории и методов возмущений на всех стадиях научной и практической деятельности, включая этапы постановки задачи (включающей малый параметр), выбора адекватного асимптотического метода, анализа получаемой асимптотической модели с использованием стандартного и оригинального программного обеспечения.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: теоретическая механика, основы механики сплошной среды, методы вычислений, компьютерные науки. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать специальные курсы по профилю подготовки, такие как вычислительный эксперимент в гидродинамике, компьютерные модели в механике, компьютерные технологии в пластических течениях.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПКВ-5	Способен руководить работами по составлению математических моделей для проведения расчетных работ с использованием современных инженерно-вычислительных комплексов	ПКВ-5.1	Имеет представление об основных понятиях, разделах и задачах механики, методах математического моделирования, используемых в механике.	<p>Знать:</p> <p>основные математические модели и методы механики деформируемых тел; результаты современных исследований в данной предметной области общие методы решения краевых задач для выбранных математических моделей</p> <p>Уметь:</p> <p>систематизировать методы фундаментальной математики для построения математических моделей в элементарных прикладных задачах механики; описать изучаемый механический процесс и сформулировать поставленную задачу на научном языке механики; обосновать выбор математической модели; изложить в устной и письменной форме формулировку</p>

				<p>математической задачи, соответствующей изучаемому механическому процессу, и метод её решения; самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные методы решения согласно поставленным задачам;</p> <p>Владеть: методами математического анализа и теорией дифференциальных уравнений, необходимыми при решении задач механики деформируемого твердого тела;</p>
ПКВ-7	Способен организовывать и проводить работы по обработке результатов расчетно-экспериментальных исследований	ПКВ-7.1	Имеет представление об основных методах проведения экспериментальных исследований процессов деформирования, прочности элементов конструкций, выполненных из современных материалов, методиках обработки полученных результатов.	<p>Знать: базовую терминологию, относящуюся к асимптотическим методам в механике, основные понятия, законы механики твердого тела и их математическое выражение; основные асимптотические методы механики.</p> <p>Уметь: продемонстрировать связь фундаментальных опытов с законами механики твердого тела с помощью известных математических методов; моделировать явления механики деформируемого твердого тела и проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц; в соответствии с выбранными методами решения строить математическую модель с алгоритмом ее реализации</p> <p>Владеть: навыками постановки задач для компьютерного эксперимента, его проведением и обработки его результатов</p>

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

**Форма промежуточной аттестации(зачет):** зачет

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		№ 3
Контактная работа	24	
В том числе:	лекции	
	лабораторные	12
Самостоятельная работа		
Форма промежуточной аттестации	зачет	зачет
Итого:		

**13.1. Содержание разделов дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Основы асимптотической теории	<p>1.1 Введение</p> <p>1.1.1 Анализ размерностей. Разложения по степеням параметра или независимой переменной. Функции сравнения (калибровочные функции). Символы порядка.</p> <p>1.1.2 Асимптотические ряды. Асимптотические разложения и последовательности. Единственность асимптотических разложений. Сравнение сходящихся и асимптотических рядов. Простейшие действия над асимптотическими разложениями. Неравномерные разложения.</p> <p>1.2 Прямые разложения и источники неравномерностей.</p> <p>1.2.1 Бесконечные области. Уравнение Дюффинга. Обтекание сферы при малых числах Рейнольдса. Малый параметр при старшей производной. Обтекание сферы при больших числах Рейнольдса..</p> <p>1.2.2 Изменение типа дифференциального уравнения в частных производных. Наличие особенностей.</p>	<p>Курс «Асимптотические методы в механике»  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380</a></p>
2	Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний	<p>2.1 Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний.</p> <p>2.1.1 Уравнение Дюффинга: прямое разложение Пуанкаре, точное решение, методика Линдштедта – Пуанкаре, метод</p>	<p>Курс «Асимптотические методы в механике»  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380</a></p>

		<p>многих масштабов, метод усреднения.</p> <p>2.1.2. Колебательные системы с самовозбуждением: прямое разложение, метод перенормировки, метод многих масштабов, метод усреднения.</p> <p>2.1.3 Системы с квадратичными и кубическим нелинейностями: прямое разложение, метод многих масштабов, метод усреднения, обобщенный метод усреднения.</p> <p>2.1.4 Уравнение Дюффинга. Случай вынужденных колебаний.</p>	
3	Асимптотические методы в механике	<p>3.1. Асимптотическое моделирование в теории теплопроводности.</p> <p>3.1.1. Уравнение теплопроводности. Метод разделения переменных. Регулярное возмущение границы.</p> <p>3.1.2. Осреднение процесса теплопроводности в слоистых средах, композиционных материалах, периодически пористых телах.</p> <p>3.1.3. Асимптотическое моделирование теплопроводности в тонком стержне и в тонкой пластине. Метод сращивания асимптотических разложений.</p> <p>3.2. Асимптотическое моделирование в задачах теории упругости</p> <p>3.2.1. Асимптотическое моделирование реальных трещин в плоской теории упругости.</p> <p>3.2.2. Асимптотические методы в механике разрушения.</p> <p>3.2.3. Метод малого параметра в нелинейной задаче на собственные значения, следующей из проблемы определения напряженно-деформированного состояния у вершины трещины в материале со степенными определяющими уравнениями.</p> <p>3.3. Асимптотические модели деформации упругих мембран и оболочек.</p> <p>3.3.1. Задача о деформировании упругой мембраны. Контактная задача для упругой мембраны.</p> <p>3.3.2. Деформация упругой мембраны, армированной нитями.</p> <p>3.3.3. Защемление упругой пластины во внутренней точке.</p>	<p>Курс «Асимптотические методы в механике»  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380</a></p>

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные занятия	СРС	Всего
1	Основы асимптотической теории	2	2	12	16
2	Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний	4	4	18	26
3	Асимптотические методы в механике	6	6	18	30
	Итого	12	12	48	72

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др)

Освоение дисциплины «Асимптотические методы в механике» включает лекционные занятия, лабораторные занятия и самостоятельную работу обучающихся.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению теоретических основ асимптотических методов моделирования механики, ключевых принципов, базовой терминологии.

Лабораторные занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенций по ОПОП. Они организовываются в виде работы над практикоориентированными заданиями, домашние задания, собеседования.

Студентам, изучающим дисциплину, рекомендуется проведение самостоятельной работы с конспектами лекций, презентационным материалом, методическими указаниями, литературой.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения следует выполнять все указания преподавателя 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.	<b>Бауэр С.М., Смирнов А.Л., Товстик П.Е., Филиппов С.Б.</b> Асимптотические методы в механике твердого тела. М.: РХД. 2007. 356 с. [Электронный ресурс] <a href="https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/cpjmoqgv05/direct/77734599">https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/cpjmoqgv05/direct/77734599</a>
2.	<b>Аргатов И.И.</b> Введение в асимптотическое моделирование в механике. Санкт-Петербург: Политехника, 2004. 302 с. [Электронный ресурс] <a href="http://mechmath.ipmnet.ru/math/asympt/interest/papers/Argatov2006ru.pdf">http://mechmath.ipmnet.ru/math/asympt/interest/papers/Argatov2006ru.pdf</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	<b>Найфе А.Х.</b> Введение в методы возмущений. М.: Мир. 1984. 536 с. [Электронный ресурс] <a href="https://www.studmed.ru/nayfe-a-vvedenie-v-metody-vozmuscheniy_b09b23bf342.html">https://www.studmed.ru/nayfe-a-vvedenie-v-metody-vozmuscheniy_b09b23bf342.html</a>
2.	<b>Вазов В.</b> Асимптотические разложения решений обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Мир. 1968. 464 с. [Электронный ресурс] <a href="https://www.nehudlit.ru/books/detail5709.html">https://www.nehudlit.ru/books/detail5709.html</a>
3.	<b>Коул Дж.</b> Методы возмущений в прикладной математике. М.: Мир. 1972. 274 с. [Электронный ресурс] <a href="https://www.studmed.ru/koul-d-d-metody-vozmuscheniy-v-prikladnoy-matematike_1effe595baf.html">https://www.studmed.ru/koul-d-d-metody-vozmuscheniy-v-prikladnoy-matematike_1effe595baf.html</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
-------	----------

1.	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – Режим доступа: <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> .
2.	Научно-образовательный центр при МИАН <a href="http://www.mi.ras.ru/">http://www.mi.ras.ru/</a>
3.	Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <a href="http://lib.mexmat.ru/">http://lib.mexmat.ru/</a>
4.	Электронная библиотека «Мир математических уравнений» <a href="http://eqworld.ipmnet.ru">http://eqworld.ipmnet.ru</a>
5.	Сайт кафедры «Механика материалов и конструкций» Российского государственного технологического университета им. К.Э. Циолковского (МАТИ) <a href="http://www.mati.ru/education/facult5/kafedral/site">www.mati.ru/education/facult5/kafedral/site</a>
6.	Сайт лаборатории моделирования в механике деформируемого твердого тела Института проблем механики РАН. <a href="http://www.ipmnet.ru/lab_12_ru.html">http://www.ipmnet.ru/lab_12_ru.html</a>
7.	Библиотека Института вычислительного моделирования СО РАН <a href="http://library.krasn.">http://library.krasn.</a>
8.	Курс «Асимптотические методы в механике» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380</a>

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

Самостоятельная работа обучающегося должна включать подготовку к лабораторным 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, 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.	<b>Бауэр С.М., Смирнов А.Л., Товстик П.Е., Филиппов С.Б.</b> Асимптотические методы в механике твердого тела. М.: РХД. 2007. 356 с. [Электронный ресурс] <a href="https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/cpjmoqgv05/direct/77734599">https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/cpjmoqgv05/direct/77734599</a>
2.	<b>Аргатов И.И.</b> Введение в асимптотическое моделирование в механике. Санкт-Петербург: Политехника, 2004. 302 с. [Электронный ресурс] <a href="http://mechmath.ipmnet.ru/math/asympt/interest/papers/Argatov2006ru.pdf">http://mechmath.ipmnet.ru/math/asympt/interest/papers/Argatov2006ru.pdf</a>
3.	<b>Найфе А.Х.</b> Введение в методы возмущений. М.: Мир. 1984. 536 с. [Электронный ресурс] <a href="https://www.studmed.ru/nayfe-a-vvedenie-v-metody-vozmuscheniy_b09b23bf342.html">https://www.studmed.ru/nayfe-a-vvedenie-v-metody-vozmuscheniy_b09b23bf342.html</a>
4.	<b>Вазов В.</b> Асимптотические разложения решений обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Мир. 1968. 464 с. [Электронный ресурс] <a href="https://www.nehudlit.ru/books/detail5709.html">https://www.nehudlit.ru/books/detail5709.html</a>
5.	<b>Коул Дж.</b> Методы возмущений в прикладной математике. М.: Мир. 1972. 274 с. [Электронный ресурс] <a href="https://www.studmed.ru/koul-d-d-metody-vozmuscheniy-v-prikladnoy-matematike_1effe595baf.html">https://www.studmed.ru/koul-d-d-metody-vozmuscheniy-v-prikladnoy-matematike_1effe595baf.html</a>
6.	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – Режим доступа: <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> .
7.	Научно-образовательный центр при МИАН <a href="http://www.mi.ras.ru/">http://www.mi.ras.ru/</a>
8.	Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <a href="http://lib.mexmat.ru/">http://lib.mexmat.ru/</a>
9.	Электронная библиотека «Мир математических уравнений» <a href="http://eqworld.ipmnet.ru">http://eqworld.ipmnet.ru</a>

10.	Сайт лаборатории моделирования в механике деформируемого твердого тела Института проблем механики РАН. <a href="http://www.ipmnet.ru/lab_12_ru.html">http://www.ipmnet.ru/lab_12_ru.html</a>
11.	Курс «Асимптотические методы в механике» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12380</a>

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

*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.*

При реализации дисциплины используются следующие образовательные технологии: логическое построение дисциплины, обозначение теоретического и практического компонентов в учебном материале. Применяются разные типы лекций (вводная, обзорная, информационная, проблемная).

Информационные технологии для реализации учебной дисциплины:

- технологии синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателя посредством служб (сервисов) по пересылке и получению электронных сообщений, в том числе, по сети Интернет а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.;

- сервис электронной почты для оперативной связи преподавателя и студентов.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** Лекционная аудитория должна быть оборудована учебной мебелью, компьютером, мультимедийным оборудованием (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), допускается переносное оборудование. Лабораторные занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной учебной мебелью и персональными компьютерами с доступом в сеть Интернет (компьютерные классы, студии), мультимедийным оборудованием (мультимедийный проектор, экран, средства звуковоспроизведения). Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере. Для самостоятельной работы необходимы компьютерные классы, помещения, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет.

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.	Основы асимптотической теории	ПКВ-5, ПКВ-7	ПКВ-5.1, ПКВ-7.1	Лабораторные задания/домашние задания



2.	Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний	ПКВ-5, ПКВ-7	ПКВ-5.1, ПКВ-7.1	Лабораторные задания/домашние задания
3.	Асимптотические методы в механике	ПКВ-5, ПКВ-7	ПКВ-5.1, ПКВ-7.1	Лабораторные задания/домашние задания
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Перечень вопросов

## 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: Лабораторные задания/домашние задания

Практикоориентированные задания/домашние задания

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Перечень заданий из задачников и пособий из п. 16

Описание технологии проведения: Решение практикоориентированных заданий происходит в течение 1 часа 30 минут в учебной аудитории, для выполнения домашних заданий предусмотрены часы из СРС. Проверка правильности выполнения 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 билетам

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Вопросы к зачету:

1. Асимптотические разложения и последовательности.
2. Сравнение сходящихся и асимптотических рядов.
3. Простейшие действия над асимптотическими разложениями. Неравномерные разложения.
4. Прямые разложения и источники неравномерностей.
5. Бесконечные области.
6. Уравнение Дюффинга. Обтекание сферы при малых числах Рейнольдса.
7. Малый параметр при старшей производной.
8. Обтекание сферы при больших числах Рейнольдса..

9. Колебательные системы с самовозбуждением: прямое разложение, метод перенормировки, метод многих масштабов, метод усреднения.
10. Системы с квадратичными и кубическим нелинейностями: прямое разложение, метод многих масштабов, метод усреднения, обобщенный метод усреднения.
11. Уравнение Дюффинга. Случай вынужденных колебаний.
12. Асимптотическое моделирование в теории теплопроводности.
13. Уравнение теплопроводности. Метод разделения переменных. Регулярное возмущение границы.
14. Осреднение процесса теплопроводности в слоистых средах, композиционных материалах, периодически пористых телах.
15. Асимптотическое моделирование теплопроводности в тонком стержне и в тонкой пластине. Метод сращивания асимптотических разложений.
16. Асимптотическое моделирование в задачах теории упругости
17. Асимптотическое моделирование реальных трещин в плоской теории упругости.
18. Асимптотические методы в механике разрушения.
19. Метод малого параметра в нелинейной задаче на собственные значения, следующей из проблемы определения напряженно-деформированного состояния у вершины трещины в материале со степенными определяющими уравнениями.
20. Асимптотические модели деформации упругих мембран и оболочек.
21. Задача о деформировании упругой мембраны. Контактная задача для упругой мембраны.
22. Деформация упругой мембраны, армированной нитями.
23. Защемление упругой пластины во внутренней точке.

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.

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

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Знание основных понятий асимптотической теории и общих асимптотических методов решения краевых задач для выбранных математических моделей. Умение формулировать математическую задачу, соответствующую изучаемому механическому процессу и выбирать эффективные асимптотические методы решения поставленных задач. Владение базовой терминологией асимптотических методов в механике
Незачет	Нетвёрдое знание общих асимптотических методов решения краевых задач механики. Неумение формулировать математическую задачу, соответствующую изучаемому механическому процессу. Плохое владение основными асимптотическими методами моделирования в задачах механики