

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.ДВ.02.02 Кинематико-геометрическое моделирование

**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:**

Чеботарев Андрей Сергеевич, кандидат физ-мат. наук, доцент, факультет ПММ, кафедра МиКМ

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

**8. Учебный год:** 2025 - 2026

**Семестр(-ы):** 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель изучения дисциплины: Целями освоения дисциплины являются: изучение методов расчетно-экспериментальных исследований на основе кинематико-геометрического подхода в задачах механики твердого деформируемого тела.

Задачи учебной дисциплины: освоение методов математического моделирования на основе кинематико-геометрического подхода в задачах механики твердого деформируемого тела, а также приобретение навыков использования стандартного и программного обеспечения.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина входит в вариативную часть базового цикла (Б1) и является дисциплиной по выбору студента.. Основными требованиями являются знания теоретической механики, математических моделей механики деформированного твердого тела, теории упругости, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, математического анализа и уравнений в частных производных.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности	ОПК-2.1	ОПК-2.1 Накапливает и систематизирует знания в области современных методов математического и алгоритмического моделирования	Знать: Применение программных комплексов для расчета прочности конструкции основные методики построения задач механики деформируемого твердого тела  Уметь: Применять программные комплексы для расчета прочности конструкции применять методы решения проблемных ситуаций  Владеть: Применением программных комплексов для расчета прочности конструкции современными методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний механики деформируемого твердого тела, фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
		ОПК-2.2	Анализирует задачу, разрабатывает и применяет новые необходимые методы математического и алгоритмического моделирования для ее решения.	Знать: Применение программных комплексов для расчета прочности конструкции основные методики построения задач механики деформируемого твердого тела  Уметь: Применять программные комплексы для расчета прочности конструкции применять методы решения проблемных ситуаций  Владеть: Применением

			программных комплексов для расчета прочности конструкции современными методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний механики деформируемого твердого тела, фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
		ОПК-2.3	<p>Проводит сравнительный анализ полученного решения с аналогами</p> <p>Знать: Применение программных комплексов для расчета прочности конструкции основные методики построения задач механики деформируемого твердого тела</p> <p>Уметь: Применять программные комплексы для расчета прочности конструкции применять методы решения проблемных ситуаций</p> <p>Владеть: Применением программных комплексов для расчета прочности конструкции современными методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний механики деформируемого твердого тела, фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук</p>

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

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачет

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам № 4
Контактная работа		36	
В том числе:	лекции	12	12
	практические		
	лабораторные	24	24
Самостоятельная работа		36	36
Промежуточная аттестация			
Итого:		72	72

### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

№	Наименование раздела	Содержание раздела дисциплины	Реализация
---	----------------------	-------------------------------	------------

п/п	дисциплины		раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	<p>Моделирование геометрической конфигурации плоского движения твердого тела</p>	<p>1.1. Моделирование движения тела качением кривых  1.1.1. Траектория и маршрут  1.1.2. Скорость и коэффициент скольжения  1.1.3. Уравнение связи  1.1.4. Угловая скорость и другие соотношения в плоской паре сопряженных кривых  1.2. Пример. Движение, моделируемое качением улитки Паскаля по циклоиде  1.2.1. Соизмеримость и связь параметров сопряженных кривых  1.2.1.1. Циклоида и улитка Паскаля  1.2.1.2. Соизмеримость эллипса и синусоиды  1.2.2. Углы поворота, траектории точек и другие характеристики движущейся фигуры  1.3. Моделирование движения тела упорядоченным семейством кривых  1.3.1. Семейство, порождаемое движущейся кривой  1.3.2. Огибающая параметрически заданного семейства. Рабочая зона контура  1.3.3. Пример. Нахождение огибающей семейства, порождаемого движущимся отрезком как особого решения дифференциального уравнения Клеро на основе принципа экстремальной удаленности</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272</a></p>
2	<p>Геометрические аспекты задач динамики</p>	<p>2.1. Некоторые новые разновидности интегралов дифференциальных уравнений движения точки и общие теоремы  2.1.1. Геометрические, кинематические и динамические соотношения  2.1.2. Дифференциальные уравнения движения точки в проекции на координатные плоскости - парциальные уравнения  2.2. Геометрические аспекты в задачах небесной механики  2.2.1. Геометрические аспекты в задаче о движении в поле ньютоновых сил тяготения  2.2.1.1. Движение по эллипсу  2.2.1.1.1. Геометрическая интерпретация уравнения Кеплера  2.2.1.1.2. Аналоги третьего закона Кеплера  2.2.1.1.3. Геометрический смысл эксцентрической аномалии  2.2.1.2. Движение по гиперболе  2.2.1.2.1. Аналог третьего закона Кеплера  2.2.1.2.2. Геометрическая интерпретация уравнения Кеплера  2.2.1.2.3. Закономерности при движении по гиперболе</p>	<p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272</a></p>

		<p>2.2.1.2.4. Гиперболическая аномалия</p> <p>2.2.1.3. Движение по параболе</p> <p>2.2.1.3.1. Аналог и геометрическая интерпретация уравнения Кеплера</p> <p>2.2.1.3.2. Параболические функции и некоторые их свойства</p> <p>2.2.1.3.3. Аналог третьего закона Кеплера и другие закономерности при движении по параболе</p> <p>2.2.1.3.4. Параболическая аномалия</p> <p>2.2.2. Геометрическая сущность подстановки и уравнения Бине</p>	
3	Геометрико-кнематический способ интегрирования	<p>3.1. Представление модифицированной векторной формулы интегрирования по частям в виде уравнения эвольвенты пространственной кривой.</p> <p>3.2. Свойства эвольвент</p> <p>3.2.1. Теорема об эвольвенте пространственной кривой и ее проекции</p> <p>3.2.2. Ректификация кривых</p> <p>3.2.3. Формулы площади фигуры, заданного контура</p> <p>3.3. Уравнение обобщенной эвольвенты</p> <p>3.4. Модифицированная векторная формула интегрирования по частям как следствие уравнения обобщенной эвольвенты</p> <p>3.5. Применение обобщенных эвольвент-эволют к интегрированию дифференциальных уравнений</p> <p>3.6. Геометрическое представление интегралов</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272</a>

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	лекции	Лабораторные	СРС	Всего
1	Моделирование геометрической конфигурации плоского движения твердого тела	4	8	12	24
2	Геометрические аспекты задач динамики	4	8	12	24
3	Геометрико-кнематический способ интегрирования	4	8	12	24

### 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 включает лекционные занятия, практические занятия и самостоятельную работу обучающихся.

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

Лекционные занятия посвящены рассмотрению теоретических основ ключевых принципов, базовых понятий, стандартов и методологий.

Практические занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенций по ОПОП. Они организовываются в виде работы над

практико-ориентированными заданиями, домашние задания, собеседования, выполнение реферата.

Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала лекций, разбор заданий, подготовку реферата.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется подробно конспектировать лекционный материал, просматривать основную и дополнительную литературу по соответствующей теме, чтобы систематизировать изучаемый материал.

Промежуточная аттестация. В течение семестра обучающимся предлагается выполнить практико-ориентированные, домашние задания. К промежуточной аттестации, проводимой на последнем занятии, представляется реферат.

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

#### **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 включает лекционные занятия, практические занятия и самостоятельную работу обучающихся.

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

Лекционные занятия посвящены рассмотрению теоретических основ ключевых принципов, базовых понятий, стандартов и методологий.

Практические занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенций по ОПОП. Они организовываются в виде работы над практико-ориентированными заданиями, домашние задания, собеседования, выполнение реферата.

Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала лекций, разбор заданий, подготовку реферата.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется подробно конспектировать лекционный материал, просматривать основную и дополнительную литературу по соответствующей теме, чтобы систематизировать изучаемый материал.

Промежуточная аттестация. В течение семестра обучающимся предлагается выполнить практико-ориентированные, домашние задания. К промежуточной аттестации, проводимой на последнем занятии, представляется реферат.

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	Ивлев, Д.Д. Механика пластических сред. В 2 т. Т.1. Теория идеальной пластичности : учебное пособие / Ивлев Д.Д. — Москва : Физматлит, 2001 .— 448 с. — Механика пластических сред. В 2 т. Т.1. Теория идеальной пластичности [Электронный ресурс] / Ивлев Д.Д. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — ISBN 21-0140-4 .—

	<URL:https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101404.html>.
2	Ивлев, Д.Д. Механика пластических сред. В 2 т. Т. 2. Общие вопросы. Жесткопластическое и упругопластическое состояние тел. Упрочнение. Деформационные теории. Сложные среды : учебное пособие / Ивлев Д.Д. — Москва : Физматлит, 2002 .— 448 с. — Механика пластических сред. В 2 т. Т. 2. Общие вопросы. Жесткопластическое и упругопластическое состояние тел. Упрочнение. Деформационные теории. Сложные среды [Электронный ресурс] / Ивлев Д.Д. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. — ISBN 21-0291-5 .— <URL:https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102915.html>.

б) дополнительная литература:

1	<b>Новожилов, В.В.</b> Теория упругости : монография / Новожилов В.В. — Москва : Политехника, 2012 .— 409 с. — Теория упругости [Электронный ресурс] / В.В. Новожилов. - 9-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Политехника, 2012. — ISBN 5-7325-0956-4 .— <URL:https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732509564.html>.
2	<b>Дубровский, В.Г.</b> Механика, термодинамика и молекулярная физика : сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / Дубровский В.Г., Харламов Г.В. — Москва : НГТУ, 2015 .— 184 с. — Механика, термодинамика и молекулярная физика : сборник задач и примеры их решения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Дубровский В.Г. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. — ISBN 5-7782-2686-9 .— <URL:https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226869.html>.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1.	Электронная библиотека ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru">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.	Сайт разработчика <a href="http://www.maplesoft.com/">http://www.maplesoft.com/</a>
5.	Страница, посвященная Maple, на популярном российском образовательном математическом портале <a href="http://exponenta.ru/soft/Maple/Maple.asp">http://exponenta.ru/soft/Maple/Maple.asp</a>
6.	Научный форум <a href="http://dxdy.ru/">http://dxdy.ru/</a>
7.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272</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 практическим занятиям, работа над рефератом, темы которого приведены в п.20, 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.

**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. Практические 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), интернет-браузер (Chrome, Яндекс.Браузер, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами (MS Office, МойОфис, LibreOffice).

**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.	Моделирование геометрической конфигурации плоского движения твердого тела	ОПК-2	ОПК-4.1	Собеседование
2.	Геометрические аспекты задач динамики	ОПК-2	ОПК-4.2	Собеседование
3	Геометрико-кинематический способ интегрирования	ОПК-2	ОПК-4.3	Собеседование

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля)	раздела	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет					Комплект КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью собеседования.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: Комплект КИМ.

Контрольно-измерительный материал № 1

1. На круговом конусе  $x = u \cdot \cos v$ ,  $y = u \cdot \sin v$ ,  $z = u$

рассматривается однопараметрическое семейство кривых  $v = u^2 + c$ , где  $c$  - параметр семейства. Найти семейство их ортогональных траекторий.

2. Найти главные направления и главные кривизны прямого геликоида  $x = u \cdot \cos v$ ,  $y = u \cdot \sin v$ ,  $z = a \cdot u$ .

3. Прямая перемещается параллельно плоскости  $xOy$ , пересекая ось  $Oz$  и кривую  $x = u$ ,  $y = u^2$ ,  $z = u^3$ . Найти асимптотические линии поверхности описываемой этой прямой.