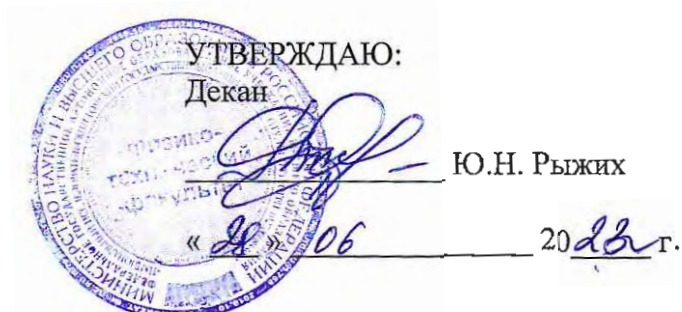


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет



Рабочая программа дисциплины

**Механика деформируемого твердого тела и методы вычислений**

по направлению подготовки

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

Направленность (профиль) подготовки :  
**Промышленная и специальная робототехника**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.07.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Г.Р. Шрагер

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-11 – Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

– ПК-1 – Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 11.1 Знать алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем.

ИОПК 11.2 Уметь разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем.

ИОПК 11.3 Иметь навыки разработки и применения алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем.

ИПК 1.1 Знать основные законы, описывающие функционирование проектируемых объектов.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Термодинамика», «Уравнения математической физики», «Физика».

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Восьмой семестр, зачет

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Термодинамика», «Уравнения математической физики», «Физика».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 24 ч.

-лабораторные: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Предмет и метод механики сплошных сред (МСС) и механики деформируемого твердого тела(МДТТ), как раздела МСС.

Предмет и метод МСС и МДТТ, как раздела МСС. Подходы Эйлера и Лагранжа к описанию процессов движения и деформирования сплошных сред. Переменные Эйлера и Лагранжа.

Тема 2. Введение в тензорное исчисление.

Метод координат. Базисные векторы. Частное и общее определение тензора. Ковариантные, контравариантные и смешанные компоненты тензора. Фундаментальный метрический тензор. Тензорная алгебра. Скалярные инварианты тензора. Тензорная поверхность, главные оси, главные компоненты тензоров 2-го ранга. Основы тензорного анализа. Ковариантная производная, ковариантное дифференцирование.

Тема 3. Теория деформаций.

Тензор деформаций, его выражение через компоненты вектора перемещений. Тензор деформаций Грина, Альманси, Коши. Тензор скоростей деформаций. Условие совместности деформаций.

Тема 4. Динамические уравнения МДТТ.

Закон сохранения массы. Уравнения движения (закон сохранения количества движения), граничные условия, тензор напряжений. Закон сохранения моментов количества движения, симметрия тензора напряжений. Закон сохранения энергии, теорема живых сил, выражение для работы напряжений.

Тема 5. Модели сред. Идеальный газ. Идеальная жидкость. Упруго-пластическая среда

Понятие идеальных сред без диссипации. Идеальная жидкость и газ. Полная система уравнений, описывающая течение идеальной жидкости и газа. Баротропные среды. Идеальная упругая среда. Система уравнений, описывающая деформацию упругой идеальной среды. Реальная вязкая жидкость с диссипацией. Уравнения Навье-Стокса.

Тема 6. Общая постановка задачи МДТТ.

Полная система уравнений МДТТ. Постановка задачи деформирования упругой пластической среды. Понятие уравнения состояния и определяющих уравнений. Модель линейного упругого тела. Идеальная пластичность. Понятие об деформационно-упрочняющихся средах. Поверхность текучести. Постулат Друкера.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и путем проведения контрольных работ по материалам предыдущих занятий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Баллы, выставленные за выполнение контрольных работ текущего контроля знаний, непосредственно влияют на оценку промежуточной аттестации.

Образцы контрольных работ:

*Контрольная работа № 1*

Вариант 1

1. Метод координат.
2. Фундаментальный метрический тензор.
3. Тензор деформаций

Вариант 2

1. Базисные векторы, определение тензора.
2. Ковариантная производная.
3. Условие совместности деформаций

*Контрольная работа № 2*

Вариант 1

1. Закон сохранения массы.
2. Понятие о деформационно упрочняющихся средах.

Вариант 2

1. Закон сохранения количества движения.
2. Понятие уравнения состояния и определяющих уравнений.

Выполнение лабораторных работ по дисциплине проверяет сформированность ИОПК – 11.1.

Промежуточная аттестация в восьмом семестре проводится в виде письменного зачета. Зачет и экзамен проводятся по билетам. Ответы на билеты проверяют сформированность ИОПК – 11.2, ИПК – 11.3.

Образцы экзаменационных билетов:

*Билет № 1*

1. Метод координат.
2. Закон сохранения массы.
3. Задача.

*Билет № 2*

1. Фундаментальный метрический тензор.
2. Закон сохранения количества движения.
3. Задача.

*Билет № 3*

1. Ковариантная производная..
2. Закон сохранения энергии.
3. Задача.

*Билет № 4*

1. Подход Эйлера и Лагранжа к описанию деформируемой среды.
2. Полная система уравнений МДТТ. Постановка задачи.
3. Задача.

Количество баллов за промежуточную аттестацию определяется как средний балл выставленный за все этапы (зачет/экзамен, лабораторные работы, контрольные работы).

Результаты промежуточной аттестации определяются оценками «зачтено», «не зачтено» для зачета и оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» для экзамена и проставляются в зависимости от количества набранных баллов.

Соответствие оценок полученным баллам представлено в таблице:

неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
0 – 59 баллов	60 – 73 баллов	74 – 87 баллов	88 – 100 баллов
не зачтено		зачтено	

Оценка «зачтено» и оценки «отлично», «хорошо» свидетельствует об успешном достижении результатов обучения по дисциплине: ИОПК – 11.1, ИОПК – 11.2., ИПК – 11.3, ИПК-1.1.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24737>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

### 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Бакушев С. В. Дифференциальные уравнения и краевые задачи механики деформируемого твердого тела / С. В. Бакушев. - Москва : Ленанд, 2020. - 300 с.:

– Учайкин В. В. Механика. Основы механики сплошных сред / Учайкин В. В.. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 860 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/167379>. URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/167379.jpg>

– Учайкин В. В. Механика. Основы механики сплошных сред. Задачи с указаниями и ответами / Учайкин В. В.. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 320 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/169033>. URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/169033.jpg>

– Келлер И. Э. Тензорное исчисление / Келлер И. Э.. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 176 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/168427>. URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/168427.jpg>

б) дополнительная литература:

– Седов Л.И. Механика сплошной среды - М.: Наука, 1983. - Т. 1, 2. - 528 с.

– Бровко Г. Элементы математического аппарата механики сплошной среды : Учебное пособие. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2015. - 424 с.. URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=141886>. URL: <https://znanium.com/cover/0854/854330.jpg>

– Макаров П.В. Микродинамическая теория пластичности и разрушения структурно-неоднородных материалов. // Изв. вузов. Сер. физика. - 1992. - № 4. - С. 42-58.

– Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материала. - Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Макаров П.В. и др. - Новосибирск: Наука, 1995. - Т. 1. - 315 с.

– Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И. и др. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. - 255 с.

– Новацкий В. Теория упругости. - М.: Мир, 1975. - 872 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы по МДТТ

– SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/> (Электронный ресурс SpringerLink: <http://link.springer.com/> ;).

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: [http://elibrary.ru/defaultx.asp?](http://elibrary.ru/defaultx.asp?;);

- ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
- Электронная библиотека ТГУ: <http://www.lib.tsu.ru/ru;>

### 13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных:

- Научная электронная библиотека – [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
- База данных по материаловедению Springer Materials – [www.materials.springer.com](http://www.materials.springer.com)
- Библиотека журналов издательства John Wiley & Son и др., например, Wiley Online Library – [www.onlinelibrary.wiley.com](http://www.onlinelibrary.wiley.com)
- Коллекции журналов Sage по естественным, техническим наукам и медицине – [www.online.sagepub.com](http://www.online.sagepub.com)
- Политематическая база данных издательства Elsevier – [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### 15. Информация о разработчиках

Макаров Павел Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прочности и проектирования физико-технического факультета.