

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

Физико-технический факультет



Ю.Н. РЫЖИХ

06 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Динамические задачи прикладной механики**

по направлению подготовки

**15.04.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ В.А. Скрипняк

Председатель УМК

\_\_\_\_\_ В.А. Скрипняк

Томск – 2022

## 1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-11 – Способен определять направления перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий;

– ОПК-12 – Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации;

– ПК-1 – Способен критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты;

– ПК-2 – Способен самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня).

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 11.1 Знать основные подходы к определению направлений перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий.

ИОПК 11.2 Уметь анализировать направления перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий.

ИОПК 11.3 Владеть методиками анализа и определения направлений перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий.

ИОПК 12.1 Знать способы построения алгоритмов цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разработки современных цифровых программ расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

ИОПК 12.2 Уметь создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

ИОПК 12.3 Владеть методиками построения алгоритмов цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разработки современных цифровых программ расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

ИПК 1.1 Знать перспективные направления и последние достижения современной науки и техники в области производства объемных материалов, соединений, композитов на их основе и изделий из них.

ИПК 1.2 Знать современные проблемы прикладной механики, методы планирования научно-исследовательской работы, способы решения научных задач механики, обработки и анализа полученных данных, представления результатов.

ИПК 1.3 Уметь осуществлять сбор, анализ и систематизацию информации по проблеме исследования с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий.

ИПК 1.4 Уметь ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач.

ИПК 1.5 Уметь анализировать, интерпретировать, оценивать, представлять результаты собственных исследований в профессиональном сообществе и защищать результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.

ИПК 2.1 Знать: математические и компьютерные модели, программные системы мультидисциплинарного анализа (CAE-системы мирового уровня), используемые для решения поставленных научно-технических задач.

ИПК 2.2 Уметь самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня).

ИПК 2.3 Владеть навыками самостоятельного выполнения научных исследований в области прикладной механики, решения сложных научно-технических задач.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить аппарат профессиональной деятельности, включающей как проведение фундаментальных исследований, так и постановку и решение инженерных задач.

– Научиться применять понятийный аппарат вычислительной механики для постановки и решения практических задач профессиональной деятельности.

## **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**

Второй семестр, зачет с оценкой

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Конструкционная прочность и ее физические основы, вычислительная механика и компьютерный инжиниринг.

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лабораторные: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Теоретический раздел**

Тема 1. Введение. Содержание и цели курса. Классификация задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ). Волновые, динамические, квазистатические задачи. Основные группы уравнений

Тема 2. Упругие волны в пространственных телах. Классические задачи. Два типа волн в неограниченной среде. Плоские волны. Продольные и поперечные колебания в упругой среде. Сферические волны. Распространение волн в двух измерениях. Волны Рэлея, волны Лява. Отражение волн. Откол.

Тема 3. Распространение волн в стержнях. Напряжения при ударе – анализ в элементарной постановке. Удар по стержню. Продольные колебания стержней. Динамическая устойчивость. Следящая сила. Экспериментальные методы изучения волн в стержнях. Стержень Дэвиса, Гопкинсона.

Тема 4. Разрушение. Эксперименты по определению критериев разрушения. Хрупкое и пластичное разрушение. Критерии разрушения изотропных и анизотропных материалов. Два подхода к моделированию разрушения. Понятие о механике трещин. Особенности разрушения при нестационарном нагружении

Тема 5. Моделирование НДС тел вращения при ударном и взрывном нагружении. Системы координат и переменные Эйлера и Лагранжа. Физическая и математическая модели – общий случай, двумерные и одномерные частные случаи. Основные особенности метода Уилкинса расчета упругопластических течений. Метод Мак-Кормака. Подвижные эйлеровы сетки. Схема решения задачи о взаимодействии газа и твердого тела. Примеры расчетов. Достоинства и недостатки методов расчета.

Тема 6. Моделирование НДС тел вращения при квазистатическом нагружении. Классификация приближенных численных методов. Краевая и вариационная задачи. Вариационно-разностный метод. Контроль точности.

Тема 7. Оболочечные конструкции при ударном и динамическом нагружении. Оболочечные расчетные схемы. Модель оболочек типа Тимошенко. Постановка начальных и граничных условий в классической теории оболочек и в теории Тимошенко. Упрощенные модели оболочек. Оболочки с наполнителем. Способы учета наличия наполнителя в оболочке – упругое основание, гидродинамическая аналогия, Модели МДТТ. Полная и упрощенная модели анализа наполнителя. Решение контактной задачи «оболочка - твердое тело».

Тема 8. Классификация численных методов, математических и физических моделей. Типы дифференциальных уравнений в частных производных и систем уравнений. Согласование физической и математической моделей. Выбор подходящих численных методов для реализации задач.

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу и домашним заданиям, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность экзамена 1.5 часа.

Примерный перечень вопросов в билетах, проверяющих сформированность компетенций:

Билет №1

1. Определение трех групп задач МДТТ.
2. Система уравнений движения упругопластической среды с учетом ее прочности и сжимаемости.

Билет №2

1. Два типа волн в неограниченной среде.
2. Основные характерные черты метода Уилкинса для расчета упругопластических течений.

Билет № 3

1. Продольные и поперечные колебания в упругой среде. Сферические волны.
2. Основные черты и особенности метода Мак-Кормака.

Билет №4

1. Волны Рэлея.
2. Схема решения контактной задачи «газ - твердое тело».

Билет №5

1. Волны Лява.
2. Классификация численных методов решения задач МДТТ.

Билет №6

1. Отражение волн.
2. Основные черты и особенности вариационно-разностного метода.

Билет №7

1. Анализ напряжений в стержне при ударе, элементарная постановка. Удар по стержню падающей массой.
2. Контроль точности расчетов вариационно-разностным методом.

Билет №8.

1. Динамический изгиб стержней. Динамическая устойчивость. Следящая сила.
2. Основные отличия соотношений теории оболочек типа Тимошенко от классических.

Билет №9.

1. Мерные стержни Гопкинсона, Дэвиса, их возможности при изучении ударного воздействия.
2. Способы моделирования заполнителя в оболочке.

Билет №10.

1. Приведение на круг текучести и введение искусственной вязкости в методе Уилкинса.
2. Продольные и поперечные колебания в упругой среде.

Билет №11

- 1.Критерии разрушения изотропных материалов.
- 2.Алгоритм решения контактной задачи «оболочка – наполнитель».

Билет №12

- 1.Моделирование разрушения трещинами и пораами.
- 2.Классификация физических, математических моделей и алгоритмов решения задач МДТТ.

Билет №13

- 1.Особенности разрушения материалов при динамическом нагружении.
- 2.Явные, неявные, явно-неявные конечно-разностные схемы и области их применения.

Билет №14

- 1.Классификация приближенных численных методов.
- 2.Исследование устойчивости стержней в статической и динамической постановке.

Билет №15

- 1.Краевая и вариационная формулировка задачи теории упругости и пластичности.
- 2.Подвижные эйлеровы сетки и их применение.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка	Уровень владения темой
<b>неудовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ грубые ошибки в знании основных положений и понятий вычислительной механики, направленности профессионального образования (прикладная механика);</li><li>○ отсутствие знаний основных положений вычислительной механики, умения оперировать ими;</li><li>○ недостаточное владение научным стилем речи;</li><li>○ не умение защитить ответы на основные вопросы.</li></ul>
<b>удовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ удовлетворительные знания основных понятий вычислительной механики, умение оперировать ими, умение оперировать ими, неточности знаний;</li><li>○ удовлетворительная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов вычислительной механики, раскрытия темы;</li><li>○ посредственные ответы на вопросы.</li></ul>
<b>хорошо</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ хорошие знания основных положений вычислительной механики, умение оперировать ими, демонстрируются единичные неточности;</li><li>○ достаточная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов , раскрытия темы, демонстрируются единичные неточности;</li><li>○ единичные (негрубые) стилистические и</li></ul>

	<p>речевые погрешности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ умение защитить ответы на основные вопросы;</li> <li>○ хорошее владение научным стилем речи</li> </ul>
<b>отлично</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ глубокие знания основных понятий в области вычислительной механики, умение оперировать ими;</li> <li>○ высокую степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;</li> <li>○ отличное умение представить основные вопросы в научном контексте;</li> <li>○ отличное владение научным стилем речи</li> </ul>

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22431> ;

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

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

Основная:

1. Лейбензон Л.С. Собрание трудов, т. 1, Теория упругости. М.: изд-во АН СССР, 1951.

2. Иванов Г.В., Волчков Ю.М., Богульский И.О, и др. Численное решение динамических задач упругопластического деформирования твердых тел. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002, 352 с.

3. Люкшин Б.А., Герасимов А.В., Кректулева Р.А., Люкшин П.А. Моделирование фи-зико-механических процессов в неоднородных конструкциях. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2001, 272 с.

4. Люкшин Б.А. Динамические задачи механики деформируемого твердого тела. Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2009, 126 с.

Дополнительная:

5. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластин и оболочек. М.: Наука, 1972, 432 с.

6. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. М.: Наука, 1967, 984 с.

7. Годунов С.К., Рябенкий В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1973, 400 с.

8. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. М.: Наука, гл. ред. ФМЛ, 1974

9. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности : учебник / Г. С. Варданян, В. И. Андреев, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна, Н. М. Атарова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 510 с. – Режим доступа ЭБС Znanium.com <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=448729>

10. Прикладная теория пластичности / [Митенков Ф. М., Волков И. А., Игумнов Л. А. и др.]. – М. : Физматлит, 2015. – 1 онлайн-ресурс (282 с.) – URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=71993](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=71993)

11. Лихачев В.А., Малинин В.Г. Структурно-аналитическая теория прочности. С.-Петербург: Наука. 1993. - 471 с.

12. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности / Пер. с англ.; Под ред. Н.В. Баничука. М.: Мир, 1987. -542 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

- EqWorld : мир математических уравнений [Электронный ресурс] / под ред. А. Д. Полянина. – Электрон. дан. – [Б. м.], 2004-2016. –  
URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>
- Библиотека научной литературы LIB.org.by [Электронный ресурс] : книги, журналы, статьи / Белорусская научная библиотека. – Электрон. дан. – [Б. м., б. г.]. –  
– URL: <http://lib.org.by/>

### 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 On-eNote, 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 (*при наличии*):
  - Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
  - Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) –  
<https://www.fedstat.ru/>

### 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

Люкшин Борис Александрович, доктор технических наук, кафедра механики деформируемого твердого тела, профессор