

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом Ученого совета ННГУ  
от 14.12.2021 г. протокол № 4

**Рабочая программа дисциплины**

**Прикладной тензорный анализ**

(наименование дисциплины (модуля))

**Уровень высшего образования**

**специалитет**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

**Направление подготовки / специальность**

**01.05.01 Фундаментальные математика и механика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

**Направленность образовательной программы**

**Фундаментальная механика и приложения**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

**Форма обучения**

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам ФТД.01.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
3	ФТД. Факультативы	Дисциплина ФТД.01, «Колебания упругих тел» является факультативом в ООП специальность 01.05.01 Фундаментальные математика и механика.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
<b>ПК-1.</b> Владеет методами математического исследования при анализе проблем механики на основе знаний фундаментальных физико-математических и компьютерных наук и навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний	<p><b>ПК-1.1.</b> Знает теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем математики и механики.</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Умеет применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы.</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Владеет навыками научно-исследовательской деятельности в области математического моделирования, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой.</p>	<p><b>Знает</b> теоретические основы фундаментальных методов исследования проблем механики колебания упругих тел</p> <p><b>Умеет</b> самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы.</p> <p><b>Владеет навыками</b> научно-исследовательской деятельности в области механики колебания упругих тел, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой.</p>	<p><i>Собеседование</i></p> <p><i>Собеседование</i></p> <p><i>Сообщение</i></p>

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>1 з.е.</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>36</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> - занятия лекционного типа	<b>16</b>

- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	3
Промежуточная аттестация – зачет	

### 3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР <sup>1</sup> , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			ЗЛсГ <sup>2</sup>	ЗСсГ <sup>3</sup>	ЗЛсГ <sup>4</sup>	Всего	
1.	Введение	1	1			1	
2.	Тензорная алгебра	10,5	4	6		10	0,5
3.	Дифференциальное исчисление	9,5	4	5		9	0,5
4.	Интегральное исчисление	8,5	4	4		8	0,5
5.	Приложения	2,5	1	1		2	0,5
6.	Тензорные функции	1,5	1			1	0,5
7.	Обзор курса	1,5	1			1	0,5
	Текущий контроль (КСР)	1				1	
	ИТОГО	36	16	16	0	33	3
<sup>1</sup> Самостоятельная работа обучающегося. <sup>2</sup> Занятия лекционного типа. <sup>3</sup> Занятия семинарского типа. <sup>4</sup> Занятия лабораторного типа.							

#### Краткое содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Математическое и компьютерное моделирование.
2. Динамические задачи линейной теории упругости: классификация динамических процессов: стационарные и нестационарные процессы; постановка задач в перемещениях.
3. Волновые процессы и колебания линейно упругих тел: волновое уравнение; продольные и поперечные волны, объемные волны и волны сдвига; волны в безграничной упругой среде; плоская, цилиндрическая, сферическая волна; поверхностные волны Рэлея; отражение волн; волны в плоском слое; волны в бесконечном стержне прямоугольного поперечного сечения. Практика: волновое уравнение, формула Даламбера, формула Пуассона, формула Кирхгофа, метод Фурье; волны в безграничной упругой среде; поверхностные волны Рэлея; отражение волн; волны в плоском слое; волны в бесконечном стержне прямоугольного поперечного сечения.
4. Колебания струн, стержней, балок: определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания; продольные, поперечные, крутильные, изгибные колебания.
5. Колебания мембран, пластин, оболочек: определение частот и форм собственных колебаний; свободные и вынужденные колебания.
6. Численные методы определения частот и форм колебаний упругих тел: численные методы модального анализа, численные решение задач определение частот и форм собственных колебаний стержней, пластин, трехмерных тел.
7. Обзор курса. Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),

- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *сообщений* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		<u>Знания</u>	<u>Умения</u>	<u>Навыки</u>
<b>плохо</b>	<b>не зачтено</b>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
<b>неудовлетворительно</b>		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
<b>удовлетворительно</b>	<b>зачтено</b>	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
<b>хорошо</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
<b>очень хорошо</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
<b>отлично</b>		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	Знания	Умения	Навыки
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Полярные и аксиальные векторы.	ПК-1
2.	Линейная зависимость векторов.	ПК-1
3.	Базис и размерность векторного пространства. Координаты вектора в базисе.	ПК-1
4.	Скалярное, векторное, смешанное произведение векторов.	ПК-1
5.	Скалярное, векторное, тензорное произведение тензоров.	ПК-1
6.	Множественные произведения тензоров.	ПК-1
7.	Свойства и характеристики тензоров 2-го ранга.	ПК-1
8.	Тензорный базис. Координаты тензора в базисе.	ПК-1
9.	Градиент, дивергенция, ротор тензорного поля.	ПК-1
10.	Дифференцирование базисных векторов.	ПК-1
11.	Интегральные формулы.	ПК-1
12.	Аналитические функции тензора 2-го ранга.	ПК-1

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Свободные продольные колебания призматического стержня.
2. Свободные поперечные колебания призматического стержня.
3. Крутильные колебания стержня.
4. Продольный удар по призматическому стержню.
5. Поперечный удар по призматическому стержню.
6. Колебания круглых мембран.
7. Колебания прямоугольных мембран.
8. Колебания круглых пластин.
9. Колебания прямоугольных пластин.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

№	а) основная литература:	К-во <sup>1</sup>
1.	Элементы тензорного исчисления в евклидовом пространстве: тензорная алгебра. Жидков А.В., Шабаров В.В. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 80 с. ( <a href="http://www.unn.ru/books/met_files/ETCES.pdf">http://www.unn.ru/books/met_files/ETCES.pdf</a> ).	55
2.	Лурье А.И. Нелинейная теория упругости / А.И.Лурье. – М.: Наука, 1980. – 512 с. ( <a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Lure1980ru.djvu">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Lure1980ru.djvu</a> ). Приложения. Тензорная алгебра и тензорный анализ.с.422-495.	Э+1
3.	Жилин П.А. Векторы и тензоры второго ранга в трехмерном пространстве / П.А.Жилин. – СПб.: Нестор, 2001. – 276 с. ( <a href="http://teormeh.spbstu.ru/Zhilin_New/Vec_Ten_Book.htm">http://teormeh.spbstu.ru/Zhilin_New/Vec_Ten_Book.htm</a> ).	Э+12
4.	Пальмов В.А. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа / В.А.Пальмов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 109 с. ( <a href="http://www.fea.ru/spaw2/uploads/files/Palmov/p_109.pdf">http://www.fea.ru/spaw2/uploads/files/Palmov/p_109.pdf</a> ).	Э
5.	Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. / Дж.Мейз. – М.: Мир, 1974. – 319 с. ( <a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Mase1974ru.djvu">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Mase1974ru.djvu</a> ).	Э

№	б) дополнительная литература:	К-во <sup>1</sup>
1.	Тензорная алгебра. Часть I / Сост. А.В.Баландин, О.А.Муляр, А.Г.Разуваев. – Н.Новгород: ННГУ, 2004. 14 с. ( <a href="http://www.unn.ru/books/met_files/tenz_alg.zip">http://www.unn.ru/books/met_files/tenz_alg.zip</a> ).	Э
2.	Основы векторного и тензорного анализа для физиков. Малышев А.И., Максимова Г.М. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 101 с. ( <a href="http://www.unn.ru/books/met_files/VT44phys.pdf">http://www.unn.ru/books/met_files/VT44phys.pdf</a> ).	Э
3.	Сборник контрольных заданий по курсу векторного и тензорного анализа: Учебное пособие. / Г.М.Максимова, А.И.Малышев, И.Л.Максимов. – Н. Новгород: издательство ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2002. – 33 с. ( <a href="http://phys.unn.ru/docs/VT4.pdf">http://phys.unn.ru/docs/VT4.pdf</a> ).	Э
4.	Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред / К.Трусделл. – М.: Наука, 1975. – 592 с. ( <a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Truesdell1975ru.djvu">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Truesdell1975ru.djvu</a> ).	Э
5.	Димитриенко Ю.И. Механика сплошной среды: учеб.пособие: в 4 т. / Ю.И.Димитриенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. Т.1: Тензорный анализ. – 463 с.	1
6.	Димитриенко Ю. И. - Тензорное исчисление: учеб.пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2001. - 575 с.	1
7.	Зубов Л.М. Тензорное исчисление / Л.М.Зубов, М.И.Карякин. – М.: Вузовская книга, 2006. – 120 с.	–
8.	Коренев Г.В. Тензорное исчисление. / Г.В.Коренев. – М.: Изд-во МФТИ, 1996. – 240 с.	–

<sup>1</sup> Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э».

№	в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)	«Л» или «С» <sup>2</sup>
1.	<a href="http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm">http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm</a>	Л

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.05.01  
Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы) \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент  
Жидков А.В.

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой  
теоретической,  
компьютерной и  
экспериментальной  
механики

д.ф.-м.н., профессор  
Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики  
от 01.12.2021 года, протокол № 2.

<sup>2</sup> Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе.