

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 04 » апреля 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Теория упругости  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 15.03.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Прикладная механика (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – приобретение систематических знаний в области теоретических основ теории упругости (ознакомление с основными положениями курса как предмета, исследующего вопросы прочности и деформирования элементов конструкций), умений оценки работоспособности элементов конструкций, работающих в упругой области, овладение современными методами расчета механических конструкций.

Задачи дисциплины: • ознакомить слушателей с важнейшими разделами теории упругости и ее применением для решения практических задач; • рассмотреть основные фундаментальные теоремы теории упругости, характеризующие присущие только этой теории особенности; • продемонстрировать вытекающие из основных теорем методы и алгоритмы решения задач.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Конструкции и их элементы, материал которых не выходит за пределы упругой области, работающие под действием статических и динамических нагрузок.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-11	ИД-1ОПК-11	Знает проблемы и задачи теории упругости.	Знает проблемы и задачи прикладной механики	Экзамен
ОПК-11	ИД-2ОПК-11	Умеет применять основные уравнения теории упругости для выполнения математической постановки задачи по определению напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.	Умеет решать задачи прочности, динамики, надежности с привлечением физико-математического аппарата	Экзамен
ОПК-11	ИД-3ОПК-11	Владеет навыками применения компьютерных технологий, вычислительных методов для решения задач теории упругости; навыками обработки и анализа полученных в ходе решения краевой задачи механики результатов.	Владеет навыками применения компьютерных технологий для решения задач прикладной механики	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-12	ИД-1ОПК-12	Знает современные методы расчета при определении напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов из упругих материалов.	Знает современные тенденции развития техники и технологии	Экзамен
ОПК-12	ИД-2ОПК-12	Умеет применять математический аппарат тензорного анализа для постановки и решения краевых задач теории упругости.	Умеет применять в профессиональной деятельности подходы и принципы прикладной механики	Контрольная работа
ОПК-12	ИД-3ОПК-12	Владеет навыками использования методов решения прикладных задач теории упругости с учетом современного состояния проблемы.	Владеет навыками использования методов решения прикладных задач с учетом современного состояния проблемы.	Контрольная работа
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает основные принципы и подходы, гипотезы теории упругости.	Знает основные принципы и подходы, гипотезы прикладной механики.	Экзамен
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	Умеет выбирать рациональный метод решения задачи теории упругости, обобщать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по заданной проблеме.	Умеет обобщать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по заданной проблеме	Контрольная работа
ПКО-2	ИД-3ПКО-2	Владеет навыками построения математических моделей задач теории упругости и использования основных методов их решения.	Владеет навыками проведения анализа математических моделей	Контрольная работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	34	34	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Основы тензорного анализа	6	0	6	10
Определение тензора, прямолинейные и криволинейные координаты, метрический тензор, физические составляющие тензора, ковариантное дифференцирование тензоров, операции над тензорами.				
Предмет изучения курса теории упругости	2	0	2	4
Возможности, современное состояние, тенденции развития теории упругости. Предмет изучения теории упругости. Объекты изучения теории упругости. Основные гипотезы теории упругости.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Теория напряжений	4	0	4	8
Вектор напряжений, тензор напряжений (определение, свойства, смысл индексов, связь вектора напряжений, действующего на произвольной площадке, с векторами напряжений на координатных площадках). Уравнения равновесия упругого тела, закон парности касательных напряжений, статические граничные условия, главные значения и направления тензора напряжений. Инварианты, разложение тензора второго ранга на шаровой тензор и девиатор.				
Теория деформаций	4	0	4	8
Тензор больших и малых деформаций. Условие совместности деформаций. Главные деформации. Инварианты, разложение тензора второго ранга на шаровой тензор и девиатор.				
Физические соотношения теории упругости	6	0	6	12
Обобщенный закон Гука для анизотропного упругого тела. Случаи упругой симметрии анизотропного упругого тела. Обобщенный закон Гука для изотропного материала.				
Постановки краевых задач теории упругости, схемы и методы решения	6	0	6	16
Полная система уравнений теории упругости. Прямая и обратная задачи. Решение задач теории упругости в перемещениях. Решение задач теории упругости в напряжениях.				
Вариационные принципы в теории упругости	6	0	6	14
Энергетическое тождество, работа внешних сил, внутренняя энергия системы. Упругий потенциал, его положительность. Принцип возможных перемещений. Принцип возможных напряжений. Теорема единственности решения статической задачи теории упругости.				
ИТОГО по 5-му семестру	34	0	34	72
ИТОГО по дисциплине	34	0	34	72

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение тензора. Индексные обозначения тензоров.
2	Операции над тензорами. Метрический тензор.
3	Физические составляющие тензора. Ковариантное дифференцирование.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
4	Вектор напряжений. Тензор напряжений.
5	Уравнения равновесия в декартовой системе координат. Закон парности касательных напряжений.
6	Уравнения равновесия в криволинейных системах координат.
7	Статические граничные условия.
8	Главные напряжения. Шаровой тензор и девиатор.
9	Тензор малых деформаций. Относительное изменение объема.
10	Тензор больших деформаций. Условия совместности деформаций.
11	Главные значения и главные направления тензора деформаций.
12	Физические соотношения для изотропного материала.
13	Решение задач теории упругости в перемещениях.
14	Решение задач теории упругости в напряжениях.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, анализ ситуаций.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Иосилевич Г. Б., Лебедев П. А., Стреляев В. С. Прикладная механика : учебник для втузов. Москва : Альянс, 2013. 575 с. 30,24 усл. печ. л.	21
2	Кожаринова Л. В. Основы теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во АСВ, 2010. 136 с. 8,5 усл. печ. л.	9
3	Ломакин В. А. Теория упругости неоднородных тел : учебное пособие. 2-е изд. Москва : Ленанд : УРСС, 2014. 367 с. 23,5 печ. л.	7
4	Механика сплошной среды. Основы механики твёрдых сред. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 623 с. 50,7 усл. печ. л.	10
5	Механика сплошной среды. Тензорный анализ. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 463 с. 37,7 усл. печ. л.	10
6	Папуша А. Н. Механика сплошных сред : учебник для вузов. Москва Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2011. 686 с. 55,47 усл. печ. л.	1
7	Прикладная механика : учебник для академического бакалавриата / Джамай В. В., Самойлов Е. А., Станкевич А. И., Чуркина Т. Ю. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Юрайт, 2016. 360 с. 18,9 усл. печ. л.	3
8	Хан Х. Г. Теория упругости. Основы линейной теории и её применения : пер. с нем. Москва : Мир, 1988. 343 с.	19
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Амензаде Ю. А. Теория упругости : учебник для вузов. 3-е изд., доп. Москва : Высшая школа, 1976. 272 с.	20
2	Горшков А. Г., Рабинский Л. Н., Тарлаковский Д. В. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды : учебник для вузов. Москва : Наука, 2000. 214 с.	9
3	Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д.В. Теория упругости и пластичности : учебник для вузов. М. : Физматлит, 2002. 415 с.	54
4	Победря Б. Е., Георгиевский Д. В. Основы механики сплошной среды : курс лекций учебное пособие для вузов. Москва : Физматлит, 2006. 272 с.	20
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		

	Не используется	
--	-----------------	--

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Носов, В.В. Механика неоднородных материалов	<a href="http://e.lanbook.com/book/90061">http://e.lanbook.com/book/90061</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц.L3263-7820*)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	<a href="https://dvs.rsl.ru/">https://dvs.rsl.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Проектор, ноутбук	1



Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	ПК	15

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе