

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования "Пермский**  
**государственный национальный исследовательский**  
**университет"**

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

Авторы-составители: **Аптуков Валерий Нагимович**

Рабочая программа дисциплины

**ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ**

Код УМК 62254

Утверждено  
Протокол №6  
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Теория упругости

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

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **16.03.01** Техническая физика  
направленность Физика технологических процессов

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория упругости** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**16.03.01** Техническая физика (направленность : Физика технологических процессов)

**ОПК.3** Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

#### **Индикаторы**

**ОПК.3.1** Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

**ОПК.3.2** Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике

**ПК.4** Способен применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	16.03.01 Техническая физика (направленность: Физика технологических процессов)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (10 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Входной контроль

Контроль проводится с целью актуализации знаний и умений, полученных ранее и необходимых для изучения курса Теория упругости.

Необходимые знания в области:

- дифференциальное и интегральное исчисление;
- обыкновенные дифференциальные уравнения;
- тензорное исчисление;
- уравнения в частных производных (уравнения математической физики);
- теоретическая механика;
- механика сплошных сред;
- сопротивление материалов.

### Раздел 1. Введение

Тема 1. Основные гипотезы

Понятие сплошной среды. Понятие однородности. Гипотеза отсутствия моментных напряжений.

Понятие упругости. Изотропные и анизотропные тела.

Тема 2. Элементы напряженного состояния.

Внешние силы – поверхностные и объемные. Принцип Сен-Венана и статически эквивалентные системы. Внутренние силы. Напряжения. Закон парности касательных напряжений. Однородное напряженное состояние. Напряжения на наклонной площадке.

Тема 3. Элементы деформированного состояния.

Продольные деформации в прямоугольной системе координат. Деформации сдвига в прямоугольной системе координат.

Тема 4. Закон Гука.

Одноосный закон Гука. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для давления и объемной деформации.

### Контрольная точка №1

Проверяются знания по теме «Введение»: Основные гипотезы. Понятие сплошной среды. Понятие однородности. Гипотеза отсутствия моментных напряжений. Понятие упругости. Изотропные и анизотропные тела. Элементы напряженного состояния. Внешние силы – поверхностные и объемные. Принцип Сен-Венана и статически эквивалентные системы. Внутренние силы. Напряжения. Закон парности касательных напряжений. Однородное напряженное состояние. Напряжения на наклонной площадке. Элементы деформированного состояния. Продольные деформации в прямоугольной системе координат. Деформации сдвига в прямоугольной системе координат. Закон Гука. Одноосный закон Гука. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для давления и объемной деформации.

### Раздел 2. Плоская задача теории упругости

Тема 5. Плоское напряженное состояние и плоская деформация.

Плоское напряженное состояние. Плоское деформированное состояние. Напряжение на наклонной площадке. Круг напряжений Мора. Дифференциальные уравнения равновесия и граничные условия. Функция напряжений Эри.

Тема 6. Двумерные задачи в прямоугольных координатах.

Решение в полиномах. Структура функции Эри. Изгиб консоли, нагруженной на конце. Определение перемещений в балке.

Тема 7. Двумерные задачи в полярных координатах.

Вывод уравнений равновесия. Вывод уравнений Коши: деформации и перемещения. Уравнения

совместности деформаций и функция напряжений Эри.

Тема 8. Полярно-симметричное распределение напряжений.

Напряженное состояние цилиндра. Напряжения во вращающихся дисках. Формулировка граничных условий.

Тема 9. Напряжение в пластине с круглым отверстием. Концентрация напряжений.

Распределение напряжений в пластинке без отверстия в полярной системе координат. Концентрация напряжений. Пластинка с круглым отверстием под действием сдвига. Пластинка с эллиптическим отверстием.

Тема 10. Сосредоточенная сила на прямолинейной границе полупространства.

Действие нормальной силы на границе полупространства. Горизонтальная сила, приложенная к прямолинейной границе. Наклонная сила, приложенная к прямолинейной границе.

Тема 11. Напряжения в круглом диске.

Две уравнивающие, диаметрально противоположные силы. Две уравнивающие силы, действующие вдоль хорды. Определение и анализ напряженного состояния.

### **Контрольная точка №2**

Проверяются знания по теме Плоская задача теории упругости: Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Плоское деформированное состояние. Напряжение на наклонной площадке. Круг напряжений Мора. Дифференциальные уравнения равновесия и граничные условия. Функция напряжений Эри. Двумерные задачи в прямоугольных координатах. Решение в полиномах. Структура функции Эри. Изгиб консоли, нагруженной на конце. Определение перемещений в балке. Двумерные задачи в полярных координатах. Вывод уравнений равновесия. Вывод уравнений Коши: деформации и перемещения. Уравнения совместности деформаций и функция напряжений Эри. Полярно-симметричное распределение напряжений. Напряженное состояние цилиндра. Напряжения во вращающихся дисках. Формулировка граничных условий. Напряжение в пластине с круглым отверстием. Концентрация напряжений. Распределение напряжений в пластинке без отверстия в полярной системе координат. Концентрация напряжений. Пластинка с круглым отверстием под действием сдвига. Пластинка с эллиптическим отверстием. Сосредоточенная сила на прямолинейной границе полупространства. Действие нормальной силы на границе полупространства. Горизонтальная сила, приложенная к прямолинейной границе. Наклонная сила, приложенная к прямолинейной границе. Напряжения в круглом диске. Две уравнивающие, диаметрально противоположные силы. Две уравнивающие силы, действующие вдоль хорды. Определение и анализ напряженного состояния.

### **Раздел 3. Теория упругости анизотропного тела**

Тема 12. Анизотропия общего вида. Упруго-эквивалентные направления. Форма записи Общего закона Гука в технических постоянных.

Тема 13. Общий метод получения частных вариантов закона Гука. Структура и симметрия. Принцип Неймана. Закон Гука и упругий потенциал в симметричных системах.

Тема 14. Основные случаи упругой симметрии. Плоскость упругой симметрии. Ортотропное тело. Трансверсально-изотропное тело. Криволинейная анизотропия.

Тема 15. Простейшие задачи упругого анизотропного тела. Растяжение анизотропного стержня. Всестороннее сжатие анизотропного тела и ограничения на константы.

### **Раздел 4. Общие уравнения и вариационные принципы**

Тема 16. Общая постановка задач теории упругости. Полная система уравнений. Система теории упругости в напряжениях и перемещениях. Уравнения Бельтрами-Мичела. Уравнения Лямэ.

Тема 17. Вариационные уравнения теории упругости. Общий функционал теории упругости.

Вариационный принцип Рейснера. Вторая вариация функционала.

Тема 18. Вариационные принципы Лагранжа и Кастилиано. Физический смысл функционалов. Теорема Кастилиано. Применение вариационных принципов для получения приближенных решений.

### **Раздел 5. Температурные задачи теории упругости**

Тема 19. Термодинамика упругой деформации. Функции состояния. Тепловая энергия. Температура. Энтропия.

Тема 20. Температурные эффекты в упругом теле. Адиабатический и изотермический модуль. Примеры постановки и решения задач термоупругости.

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Проверяются знания по всем темам, в том числе умение создать расчетную схему решения некоторых пройденных задач теории упругости, решить задачу в пакете ANSYS, сравнить аналитическое и численное решение.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.



## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Новожилов, В. В. Теория упругости / В. В. Новожилов. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Политехника, 2020. — 410 с. — ISBN 978-5-7325-0956-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/94829>
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 7. Теория упругости / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007, ISBN 978-5-9221-0122-6. -264

### Дополнительная:

1. Стружанов Валерий Владимирович, Миронов Владимир Иванович Деформационное разупрочнение материала в элементах конструкций / Отв. ред. В. Л. Колмогоров; РАН, Ин-т машиноведения. - Екатеринбург, 1995, ISBN 5-7691-0493-7. -190.
2. Ханефт, А.В. Механика сплошных сред : учебное пособие : в 2 частях / А.В. Ханефт. — Кемерово : КемГУ, [б. г.]. — Часть 2 : Теория упругости — 2018. — 104 с. — ISBN 978-5-8353-2284-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619863>
3. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости: [руководство] : перевод с английского / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер ; пер. М. И. Рейтман ; ред. Г. С. Шапиро. - Москва: Наука, 1979. -560.
4. Теория упругости. Часть 1. Учебно-методическое пособие. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. Теория упругости. Часть 1 / Ледовской И. В. -2012. -48, ISBN 978-5-9227-0344-4 <http://www.iprbookshop.ru/19044>

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://www.mathnet.ru/> Общероссийский математический портал

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Теория упругости** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice».
- пакет ANSYS.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - компьютерный класс. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса..

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Теория упругости**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.3**

**Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>применяет знания из области теории упругости для постановки и решения задач в различных областях науки</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Необходимые знания для освоения предмета отсутствуют. Студент не знает теоретических основ дисциплины, необходимых для формирования компетенции. Нет навыков выполнения расчетов.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Общие, но не структурированные знания основных понятий предмета. Владение техникой выполнения конкретно поставленной задачи, но с большим количеством недочетов.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> В целом сформированные, но содержащие небольшие пробелы, знания теоретических основ. Владение техникой выполнения конкретно поставленной задачи, но с небольшими погрешностями при интерпретации результатов</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Студент показывает сформированные систематические знания теоретических основ, умение применить их на практике. Показывает успешное применение навыков мыслительной деятельности.</p>
<p><b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их</p>	<p>применяет знания постановок и решения задач теории упругости для изучения различных природных явлений и процессов, может применить их на практике</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Необходимые знания для освоения предмета отсутствуют. Студент не знает теоретических основ дисциплины, необходимых для формирования компетенции. Нет навыков выполнения расчетов.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
на практике		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий предмета. Владение техникой выполнения конкретно поставленной задачи, но с большим количеством недочетов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>В целом сформированные, но содержащие небольшие пробелы, знания теоретических основ. Владение техникой выполнения конкретно поставленной задачи, но с небольшими погрешностями при интерпретации результатов</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Студент показывает сформированные систематические знания теоретических основ, умение применить их на практике. Показывает успешное применение навыков мыслительной деятельности.</p>

#### ПК.4

**Способен применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.4</b> Способен применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики</p>	<p>применяет знания в области теории упругости для эффективного исследования различных физико-технических явлений и процессов, в области проведения сертификационных испытаний, использует современные средства технической физики.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Необходимые знания для освоения предмета отсутствуют. Студент не знает теоретических основ дисциплины, необходимых для формирования компетенции. Нет навыков выполнения расчетов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий предмета. Владение техникой выполнения конкретно поставленной задачи, но с большим количеством недочетов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>В целом сформированные, но содержащие небольшие пробелы, знания теоретических основ. Владение техникой выполнения конкретно поставленной задачи, но с</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>небольшими погрешностями при интерпретации результатов</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Студент показывает сформированные систематические знания теоретических основ, умение применить их на практике. Показывает успешное применение навыков мыслительной деятельности.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>Входной контроль</b>	Входной контроль <b>Входное тестирование</b>	Основные понятия и гипотезы сопротивления материалов и механики сплошных сред Основные понятия описания напряженного и деформированного состояния материалов и конструкций Физический смысл уравнений и механических параметров сопротивления материалов и механики сплошных сред

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p> <p><b>ПК.4</b> Способен применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики</p>	<p>Контрольная точка №1</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Проверяются знания по теме «Введение»: Основные гипотезы. Понятие сплошной среды. Понятие однородности. Гипотеза отсутствия моментных напряжений. Понятие упругости. Изотропные и анизотропные тела. Элементы напряженного состояния. Внешние силы – поверхностные и объемные. Принцип Сен-Венана и статически эквивалентные системы. Внутренние силы. Напряжения. Закон парности касательных напряжений. Однородное напряженное состояние. Напряжения на наклонной площадке. Элементы деформированного состояния. Продольные деформации в прямоугольной системе координат. Деформации сдвига в прямоугольной системе координат. Закон Гука. Одноосный закон Гука. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для давления и объемной деформации.</p>



Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p> <p><b>ПК.4</b> Способен применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики</p>	<p>Контрольная точка №2</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Проверяются знания по теме Плоская задача теории упругости: Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Плоское деформированное состояние. Напряжение на наклонной площадке. Круг напряжений Мора. Дифференциальные уравнения равновесия и граничные условия. Функция напряжений Эри. Двумерные задачи в прямоугольных координатах. Решение в полиномах. Структура функции Эри. Изгиб консоли, нагруженной на конце. Определение перемещений в балке. Двумерные задачи в полярных координатах. Вывод уравнений равновесия. Вывод уравнений Коши: деформации и перемещения. Уравнения совместности деформаций и функция напряжений Эри. Полярно-симметричное распределение напряжений. Напряженное состояние цилиндра. Напряжения во вращающихся дисках. Формулировка граничных условий. Напряжение в пластине с круглым отверстием. Концентрация напряжений. Распределение напряжений в пластинке без отверстия в полярной системе координат. Концентрация напряжений. Пластинка с круглым отверстием под действием сдвига. Пластинка с эллиптическим отверстием. Сосредоточенная сила на прямолинейной границе полупространства. Действие нормальной силы на границе полупространства. Горизонтальная сила, приложенная к прямолинейной границе. Наклонная сила, приложенная к прямолинейной границе. Напряжения в круглом диске. Две уравновешивающие, диаметрально противоположные силы. Две уравновешивающие силы, действующие</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		вдоль хорды. Определение и анализ напряженного состояния.
<p><b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3.2</b> Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p> <p><b>ПК.4</b> Способен применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики</p>	<p>Итоговое контрольное мероприятие</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Проверяются знания по всем темам, в том числе умение создать расчетную схему решения некоторых пройденных задач теории упругости, решить задачу в пакете ANSYS, сравнить аналитическое и численное решение.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знает основные понятия описания напряженного и деформированного состояния материалов и конструкций	35
Понимает физический смысл уравнений и механических параметров сопротивления материалов и механики сплошных сред	35
Умеет сформулировать основные понятия и гипотезы сопротивления материалов и механики сплошных сред	30

#### Контрольная точка №1

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знает элементы деформированного состояния , формулировку закона Гука в различной форме	15
Знает классификацию внешних и внутренних сил, размерности величин, понятия тензора и вектора напряжений	10
Умеет формулировать основные гипотезы теории упругости	5

### **Контрольная точка №2**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Умеет формулировать постановку задачи плоской теории упругости в декартовой системе координат	10
Умеет выполнить постановку конкретных задач плоской теории упругости, граничных условий, объяснить физический смысл результатов	10
Умеет формулировать постановку задачи плоской теории упругости в полярной системе координат	10

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Умеет решить рассмотренные задачи в пакете ANSYS	15
Умеет правильно сравнить аналитическое и численное решения	15
Умеет составить расчетную схему рассмотренных задач	10