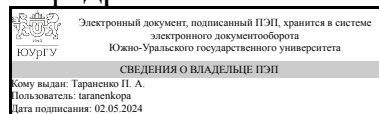


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



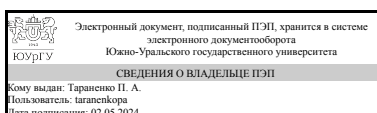
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.ПО.17 Теория упругости
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

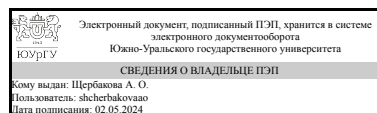
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



П. А. Тараненко

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



А. О. Щербакова

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения данной дисциплины является формирование у студентов системы знаний, навыков и умений по дисциплине "Теория упругости". Для достижения поставленной цели в курсе решаются следующие задачи: 1. Освоение тензорного аппарата на уровне, достаточном для изучения дисциплины; 2. Изучение тензорных мер напряженно-деформированного состояния упругой среды, закона линейной упругости; 3. Освоение основных уравнений, принципов и методов теории упругости и применение их для случая сложного напряженно-деформированного состояния; 4. Ознакомление с классическими задачами теории упругости; 5. Изучение метода конечных элементов применительно к решению плоской задачи теории упругости.

Краткое содержание дисциплины

Курс теории упругости включает в себя следующие разделы: 1. Основы тензорной алгебры. 2. Тензорные меры напряженно-деформированного состояния упругой среды. 3. Основы тензорного анализа. 4. Анализ напряжений и деформаций при неоднородном напряженно-деформированном состоянии. 5. Классические задачи теории упругости. 6. Особенности решения плоских задач теории упругости. 7. Вариационные методы теории упругости. Метод конечных элементов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знает: основы тензорной алгебры и тензорного анализа, которые с одной стороны необходимы для формирования объемного представления о мерах напряженно-деформированного состояния и основных законах механики твердого деформируемого тела, а с другой стороны помогают развить системное и критическое мышление Умеет: представлять меры напряженного и деформированного состояния в точке тела, а также основные уравнения механики твердого деформируемого тела в тензорной форме, при необходимости переходя от нее к координатной и матричной Имеет практический опыт: представления основных уравнений теории упругости в различных формах записи; применения тензорного аппарата к решению задач механики
ПК-4 Способен на научной основе организовать свой труд и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности	Знает: тензорный аппарат, используемый в механике твердого тела, основные меры напряженно-деформированного состояния, уравнения, законы и принципы теории упругости; основы метода конечных элементов; классические задачи теории упругости в 3D и 2D постановке

реальным наукоемким процессам, машинам и конструкциям	Умеет: решать задачи теории упругости, привлекая для этого тензорный аппарат; выполнять анализ напряженно-деформированного состояния в точке тела; составлять матричную модель МКЭ стержневой и плоской конструкции Имеет практический опыт: организации своего труда на научной основе; применения классических задач и методов теории упругости, физико-механических, математических и компьютерных моделей
---	--

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Математический анализ, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Теория вероятностей и математическая статистика, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов, Дифференциальные уравнения, Анализ механической системы твердых тел, Основы автоматизации инженерных расчетов, История России	Статистическая механика, Численные методы технической механики, Регрессионный анализ и планирование эксперимента, Вычислительные методы решения инженерных задач, Устойчивость механических систем, Строительная механика машин, Основы планирования эксперимента

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Теория вероятностей и математическая статистика	Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения теории вероятностей; числовые характеристики дискретных случайных величин и их свойства; функцию распределения; биномиальный, геометрический и гипергеометрический законы распределения дискретных случайных величин; непрерывные случайные величины; функции распределения и плотности распределения; равномерное и показательное распределения; нормальное распределение; центральную предельную теорему; основные понятия статистики; оценки теоретических параметров; доверительный интервал; проверка статистических гипотез Умеет: решать типовые задачи по теории вероятностей; применять математические методы для решения типовых профессиональных задач Имеет практический опыт: решения задач по теории вероятностей и математической статистики
Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	Знает: современные пакеты 1D и 3D цифрового моделирования динамики сборок из абсолютно

	твердых тел, теоретические основы и методы цифрового моделирования Умеет: определять кинематические и динамические параметры конструкции (перемещения, скорости и ускорения точек), разрабатывать цифровые виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа систем твердых тел, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для цифрового компьютерного моделирования динамических систем
История России	Знает: механизм возникновения проблемных ситуаций в разные исторические эпохи, основные этапы историко-культурного развития России, закономерности исторического процесса; законы исторического развития и основы межкультурной коммуникации Умеет: анализировать различные способы преодоления проблемных ситуаций, возникавших в истории, осуществлять поиск, анализ и синтез исторической информации, оценивать достижения культуры на основе знания исторического контекста, анализировать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия; соотносить факты, явления и процессы с исторической эпохой, воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом контекстах Имеет практический опыт: выявления и систематизации различных стратегий действий в проблемных ситуациях, владения навыками бережного отношения к культурному наследию различных эпох; анализа социально-культурных проблем в контексте мировой истории и современного социума
Основы автоматизации инженерных расчетов	Знает: существующие информационные технологии и компьютерные программы для проведения инженерных расчетов; основы расчетов элементов конструкций и проведения математических вычислений с использованием вычислительных методов, основные физические явления и процессы, системы компьютерной математики для решения задач в области прикладной механики с помощью существующих информационных технологий и компьютерных программ; основы проведения математических вычислений инженерных расчетов в компьютерной программе Mathcad Умеет: проводить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых стержневых систем и элементов конструкций с помощью программ компьютерной математики; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента,

	проводить основные математические вычисления в системе Mathcad; применять стандартные математические функции программы Mathcad при проведении необходимых инженерных расчетов, расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость типовых стержневых систем; применять физико-математические методы для решения практических задач; применять вероятностные и статические методы при обработке экспериментальных данных Имеет практический опыт: расчета на прочность элементов конструкций с использованием современных вычислительных систем; применения математического аппарата для статистической обработки результатов эксперимента, решения конкретных задач с помощью численных методов; самостоятельного проведения расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость типовых элементов конструкций в программе MathCAD; обработки экспериментальных данных при практической работе на компьютере с применением современных вычислительных систем; навыками применения физико-математического аппарата и методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности
Дифференциальные уравнения	Знает: основные понятия теории дифференциальных уравнений, типы и стандартные формы записи основных дифференциальных уравнений, методы решения основных дифференциальных уравнений Умеет: применять дифференциальные уравнения для моделирования физических процессов, использовать средства дифференциальных уравнений для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования и пользоваться при необходимости математической литературой Имеет практический опыт: методов решения дифференциальных уравнений различных типов
Математический анализ	Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа, фундаментальные основы разделов математического анализа, необходимые для освоения других дисциплин и самостоятельного приобретения знаний Умеет: самостоятельно работать с учебной, справочной и учебно-методической литературой; доказывать теоремы, вычислять определенные интегралы по фигуре; характеризовать векторные поля; находить циркуляцию и поток векторного поля; применять интегралы к решению простых прикладных задач; составлять модели реальных процессов и

	проводить их анализ, решать типовые примеры и использовать математические методы в решении профессиональных задач Имеет практический опыт: анализа и синтеза информации, а также употребления математических символов для выражения количественных и качественных отношений объектов; навыками символьных преобразований математических выражений, использования методов математического анализа и моделирования в решении профессиональных задач
Линейная алгебра и аналитическая геометрия	Знает: методы решения линейных уравнений, основы линейного программирования, основные понятия линейной алгебры и аналитической геометрии; основы векторного и матричного исчисления, базовые понятия тензорной алгебры Умеет: методы применения математического аппарата для решения задач оптимизации, разбирать доказательства теорем, решать типовые задачи; использовать математический аппарат для освоения теоретических основ механики твердого деформируемого тела Имеет практический опыт: решения задач оптимизации, анализа и синтеза информации, а также использования математического аппарата применительно к решению задач механики
Анализ механической системы твердых тел	Знает: компьютерные системы моделирования динамики механизмов из абсолютно твердых тел, теоретические основы и методы компьютерного моделирования Умеет: выполнять кинематический и динамический анализ механической системы, разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа механических систем, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 111,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
Аудиторные занятия:	96	48	48
Лекции (Л)	64	32	32

Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	104,25	52,75	51,5
Подготовка к зачету	12,75	12,75	0
Подготовка к контрольным работам №1-3	10	10	0
Подготовка к экзамену	11,5	0	11,5
Выполнение домашних заданий №4-6	20	0	20
Выполнение курсовой работы	20	20	0
Подготовка к контрольным работам №4-6	20	0	20
Работа с контрольными тестами №1-3	10	10	0
Консультации и промежуточная аттестация	15,75	7,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет, КР	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Тензорная алгебра	14	8	6	0
2	Основные тензоры в механике	12	8	4	0
3	Тензорный анализ	14	10	4	0
4	Напряжения и деформации при неоднородном НДС	18	12	6	0
5	Классические задачи теории упругости	22	16	6	0
6	Вариационные принципы теории упругости	16	10	6	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Линейное пространство. Скаляры и векторы в линейном пространстве. Тензорное произведение. Полиада. Тензоры. Координаты тензора. Преобразование координат при смене базиса	2
2	1	Евклидово пространство. Скалярное произведение векторов. Скалярное произведение тензоров. Скалярная свертка	2
3	1	Декартов базис. Собственные числа тензора	2
4	1	Векторное произведение. Векторное свертывание. Тензор как линейный оператор. Полярные и цилиндрические координаты. Инвариантные числа двухвалентного тензора	2
5	2	Тензор напряжений. Тензоры геометрических характеристик	2
6	2	Тензор дисторсии. Тензор деформации. Тензор жесткого поворота	2
7	2	Понятие об упругости. Закон сохранения энергии. Постулат устойчивости. Закон Гука для линейно-упругого тела (общая форма записи)	2
8	2	Закон Гука для изотропного линейно-упругого тела	2
9	3	Тензорное дифференцирование. Понятие поля	2
10	3	Направленная производная. Градиент скалярного поля. Градиент тензорного поля	2
11	3	Оператор Гамильтона. Дивергенция и ротор. Дифференцирование произведения функций. Двукратное дифференцирование	2

12	3	Интегрирование в тензорном поле. Интегрирование по линии. Интегрирование по поверхности и по объему	2
13	3	Теорема Остроградского – Гаусса. Теорема Стокса. Формулы Грина. Интегрирование по частям	2
14	4	Напряжения и деформации при неоднородном НДС. Статическая стороны задачи	2
15	4	Геометрическая стороны задачи. Полная система уравнений теории упругости	2
16	4	Принцип возможных перемещений	2
17	4	Закон сохранения энергии. Устойчивость. Однозначность решения. Принцип суперпозиции. Свойства симметрии	2
18	4	Разрешающее уравнение теории упругости в перемещениях (уравнение равновесия в форме Лямэ)	2
19	4	Разрешающее уравнение теории упругости в напряжениях (уравнение Бельтрами-Митчелла). Гармоническая функции напряжений	2
20	5	Классические задачи теории упругости. Задача о всестороннем равномерном давлении. Задача о сферической полости в неограниченном теле. Задача о сфере, нагруженной внутренним и внешним давлением	2
21	5	Задача о цилиндрическом включении. Задача Лямэ	2
22	5	Задача Кельвина	2
23	5	Задача Буссинеска	2
24	5	Задача Герца	2
25	5	Плоская задача теории упругости. Особенности двумерного пространства	2
26	5	Особенности дифференцирования в полярных координатах. Задача Кирша	2
27	5	Метод полиномов решения плоской задачи теории упругости	2
28	6	Вариационные принципы теории упругости. Вариации полей напряжений и смещений. Принцип минимума потенциальной энергии (принцип Лагранжа). Принцип минимума дополнительной потенциальной энергии (теорема Кастильяно). Метод Ритца-Тимошенко	2
29	6	Метод конечных элементов. Особенности построения матричной модели конструкции. Функции формы. Дискретизация полей напряжений и деформаций. Геометрическая сторона задачи – построение векторов-столбцов обобщенных координат $[q]$ и деформаций	2
30	6	Статическая сторона задачи – построение вектора-столбца обобщенных сил $[Q]$, а также матриц $[J]$ и $[B]$. Физическая сторона задачи и запись разрешающего уравнения – особенности построения векторов-столбцов $[\sigma]$ и $[\epsilon]$, а также матриц $[C]$ и $[K]$	2
31	6	Особенности построения одномерных моделей конструкции – задача о толстостенном цилиндре под действием растягивающей силы, крутящего момента, а также внутреннего и внешнего давления	2
32	6	Построение матриц для МКЭ на примере плоского конечного элемента при ПНС	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Преобразование координат при смене базиса	2
2	1	Тензоры в евклидовом пространстве	2
3	1	Контрольная работа №1. Тензорная алгебра	2
4	2	Основные тензоры в механике	2

5	2	Контрольная работа №2. Основные тензоры в механике	2
6	3	Тензорный анализ	2
7	3	Контрольная работа №3. Тензорный анализ	2
8	4	Зачет	2
9	4	Напряжения и деформации при неоднородном НДС	2
10	4	Контрольная работа №4. Напряжения и деформации при неоднородном НДС	2
11	5	Задача о цилиндрическом включении и задача Лямэ	2
12	5	Задача Кельвина	2
13	5	Контрольная работа №5. Классические задачи теории упругости	2
14	6	Плоская конструкция, состоящая из нескольких треугольных конечных элементов	2
15	6	Контрольная работа №6. Метод конечных элементов	2
16	6	Подготовка к экзамену	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.; Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.	5	12,75
Подготовка к контрольным работам №1-3	Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.; Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.	5	10
Подготовка к экзамену	1) Тимошенко, С. П. Теория упругости Пер. с англ. М. И. Рейтмана; Под ред. Г. С. Шапиро. - 2-е изд. - М.: Наука, 1979. - 560 с. ил.; 2) Демидов, С. П. Теория упругости Учеб. для вузов по спец."Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1979. - 432 с. ил.; 3) Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.; 4) Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.	6	11,5

Выполнение домашних заданий №4-6	1) Тимошенко, С. П. Теория упругости Пер. с англ. М. И. Рейтмана; Под ред. Г. С. Шапиро. - 2-е изд. - М.: Наука, 1979. - 560 с. ил.; 2) Демидов, С. П. Теория упругости Учеб. для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1979. - 432 с. ил.; 3) Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.; 4) Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.	6	20
Выполнение курсовой работы	Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.; Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.	5	20
Подготовка к контрольным работам №4-6	1) Тимошенко, С. П. Теория упругости Пер. с англ. М. И. Рейтмана; Под ред. Г. С. Шапиро. - 2-е изд. - М.: Наука, 1979. - 560 с. ил.; 2) Демидов, С. П. Теория упругости Учеб. для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1979. - 432 с. ил.; 3) Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.; 4) Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.	6	20
Работа с контрольными тестами №1-3	Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.; Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.	5	10

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитыва-
------	----------	--------------	-----------------------	-----	------------	---------------------------	----------

			мероприятия				ется в ПА
1	5	Текущий контроль	ДЗ1	2	5	Критерии оценивания: 1) качество выполнения задания; 2) срок выполнения. Начисляемые баллы: 5 - задание выполнено верно в установленный срок; 4 - задание выполнено в установленный срок, в решении допущены незначительные ошибки; 3- задание в целом решено верно, но сдано позже установленного срока	зачет
2	5	Текущий контроль	ДЗ2	2	5	Критерии оценивания: 1) качество выполнения задания; 2) срок выполнения. Начисляемые баллы: 5 - задание выполнено верно в установленный срок; 4 - задание выполнено в установленный срок, в решении допущены незначительные ошибки; 3- задание в целом решено верно, но сдано позже установленного срока	зачет
3	5	Текущий контроль	ДЗ3	2	5	Критерии оценивания: 1) качество выполнения задания; 2) срок выполнения. Начисляемые баллы: 5 - задание выполнено верно в установленный срок; 4 - задание выполнено в установленный срок, в решении допущены незначительные ошибки; 3- задание в целом решено верно, но сдано позже установленного срока	зачет
4	5	Текущий контроль	T1	1	5	Тест необходимо пройти в личном кабинете вне сетки расписания в установленный срок. Для успешного прохождения теста необходимо набрать не менее 60% верных ответов. Баллы: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	зачет
5	5	Текущий контроль	T2	1	5	Тест необходимо пройти в личном кабинете вне сетки расписания в установленный срок. Для успешного прохождения теста необходимо набрать не менее 60% верных ответов. Баллы: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	зачет
6	5	Текущий контроль	T3	1	5	Тест необходимо пройти в личном кабинете вне сетки расписания в установленный срок. Для успешного	зачет

						прохождения теста необходимо набрать не менее 60% верных ответов. Баллы: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	
7	5	Текущий контроль	КР1	3	5	Контрольная работа проводится письменно на практическом занятии. Длительность - 1,5 часа. Результат получается в процентном соотношении от максимального балла: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	зачет
8	5	Текущий контроль	КР2	3	5	Контрольная работа проводится письменно на практическом занятии. Длительность - 1,5 часа. Результат получается в процентном соотношении от максимального балла: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	зачет
9	5	Текущий контроль	КР3	3	5	Контрольная работа проводится письменно на практическом занятии. Длительность - 1,5 часа. Результат получается в процентном соотношении от максимального балла: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	зачет
10	5	Промежуточная аттестация	Зачет	-	40	Зачет проводится письменно по билетам. Билет содержит 5 вопросов. Длительность процедуры - 1 академический час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Шкала оценивания: 90 - 100 баллов - даны верные и полные ответы на все вопросы; 75 - 89 баллов - в ответах допущены незначительные ошибки; 60-74 - ответы неполные, допущены грубые ошибки; 0-59 баллов - как минимум на один вопрос отсутствует ответ. Зачет автоматом может быть поставлен по результатам текущего рейтинга до начала зачетной недели	зачет

11	6	Текущий контроль	ДЗ4	2	5	Критерии оценивания: 1) качество выполнения задания; 2) срок выполнения. Начисляемые баллы: 5 - задание выполнено верно в установленный срок; 4 - задание выполнено в установленный срок, в решении допущены незначительные ошибки; 3- задание в целом решено верно, но сдано позже установленного срока	экзамен
12	6	Текущий контроль	ДЗ5	2	5	Критерии оценивания: 1) качество выполнения задания; 2) срок выполнения. Начисляемые баллы: 5 - задание выполнено верно в установленный срок; 4 - задание выполнено в установленный срок, в решении допущены незначительные ошибки; 3- задание в целом решено верно, но сдано позже установленного срока	экзамен
13	6	Текущий контроль	ДЗ6	2	5	Критерии оценивания: 1) качество выполнения задания; 2) срок выполнения. Начисляемые баллы: 5 - задание выполнено верно в установленный срок; 4 - задание выполнено в установленный срок, в решении допущены незначительные ошибки; 3- задание в целом решено верно, но сдано позже установленного срока	экзамен
14	6	Текущий контроль	КР4	3	5	Контрольная работа проводится письменно на практическом занятии в компьютерном классе. Длительность - 1,5 часа. Результат получается в процентном соотношении от максимального балла: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	экзамен
15	6	Текущий контроль	КР5	3	5	Контрольная работа проводится письменно на практическом занятии в компьютерном классе. Длительность - 1,5 часа. Результат получается в процентном соотношении от максимального балла: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	экзамен
16	6	Текущий контроль	КР6	3	5	Контрольная работа проводится письменно на практическом занятии в компьютерном классе. Длительность -	экзамен

						1,5 часа. Результат получается в процентном соотношении от максимального балла: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	
17	6	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	40	Экзамен проходит письменно по билетам. Билет содержит 2 теоретических вопроса и 1 задачу; время на ответ - 1 час. Учитываются ответы на дополнительные вопросы Шкала оценивания результатов ответа по экзаменационному билету: 90 - 100 баллов - даны верные и полные ответы на все вопросы; 75 - 89 баллов - в ответах допущены незначительные ошибки; 60-74 - ответы неполные, допущены грубые ошибки; 0-59 баллов - как минимум на один вопрос отсутствует ответ. Баллы: Отлично: рейтинг студента выше 90%; Хорошо: рейтинг студента от 75% до 90%; Удовлетворительно: рейтинг студента от 60% до 75%; Неудовлетворительно: рейтинг студента менее 60%. Экзаменационная оценка автоматически ставится по результатам текущего рейтинга, набранного до начала зачетной недели	экзамен
18	5	Курсовая работа/проект	Анализ НДС в точке упругого тела	-	100	Защита курсовой работы проводится на зачетной неделе. В случае, если все контрольные работы по курсу написаны не хуже, чем на 3 балла студент освобождается от процедуры защиты. На защиту студент предоставляет: 1. Задание, согласно индивидуальному варианту. 2. Пояснительную записку на 20-30 страницах в электронном и печатанном виде, содержащую описательную часть работы, расчеты и соответствующие иллюстрации. 3. Презентацию доклада по теме работы. На защите студент коротко (3-5 мин) делает доклад по теме работы и отвечает на вопросы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).	курсовые работы

					Отлично: величина рейтинга обучающегося по курсовому проекту 85...100 % Хорошо: величина рейтинга, обучающегося по курсовому проекту 75...84 % Удовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по курсовому проекту 60...74 % Неудовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по курсовому проекту 0...59 % Максимальное количество баллов – 100. Критерии оценивания: 1. Качество пояснительной записки 50 баллов – пояснительная записка имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями 40 баллов – пояснительная записка имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями 30 баллов – пояснительная записка имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения (20-0) баллов – пояснительная записка не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических рекомендациях кафедры; в работе нет выводов либо они носят декларативный характер. 2. Защита курсовой работы: 50 баллов – при защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы 40 баллов – при защите студент показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы	
--	--	--	--	--	--	--

					30 баллов– при защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы (20-0) баллов – при защите студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по ее теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки. 3. Срок выполнения работы: В случае, если студент предоставляет работу позже срока, то итоговая оценка не превышает 60	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен проходит письменно по билетам. Билет содержит 2 теоретических вопроса и 1 задачу; время на ответ - 1 час. Учитываются ответы на дополнительные вопросы Шкала оценивания результатов ответа по экзаменационному билету: 90 - 100 баллов - даны верные и полные ответы на все вопросы; 75 - 89 баллов - в ответах допущены незначительные ошибки; 60-74 - ответы неполные, допущены грубые ошибки; 0-59 баллов - как минимум на один вопрос отсутствует ответ. Баллы: Отлично: рейтинг студента выше 90%; Хорошо: рейтинг студента от 75% до 90%; Удовлетворительно: рейтинг студента от 60% до 75%; Неудовлетворительно: рейтинг студента менее 60%. Экзаменационная оценка автоматически ставится по результатам текущего рейтинга, набранного до начала зачетной недели	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
курсовые работы	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Показатели оценивания: отлично - величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 85...100 %; хорошо - величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 75...84%; удовлетворительно - величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 60...74%; неудовлетворительно - величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 0...59% . Максимальное количество баллов – 100. Защита курсовой работы - обязательное мероприятие	В соответствии с п. 2.7 Положения
зачет	Зачет проводится письменно по билетам. Билет содержит 5 вопросов. Длительность процедуры - 1 академический час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Шкала оценивания: 90 - 100 баллов - даны верные и полные ответы на все вопросы; 75 - 89 баллов - в ответах допущены незначительные ошибки; 60-74 - ответы неполные, допущены грубые ошибки; 0-59 баллов - как минимум на один вопрос отсутствует ответ. Зачет автоматически	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	может быть поставлен по результатам текущего рейтинга до начала зачетной недели	
--	---	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
УК-1	Знает: основы тензорной алгебры и тензорного анализа, которые с одной стороны необходимы для формирования объемного представления о мерах напряженно-деформированного состояния и основных законах механики твердого деформируемого тела, а с другой стороны помогают развить системное и критическое мышление	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
УК-1	Умеет: представлять меры напряженного и деформированного состояния в точке тела, а также основные уравнения механики твердого деформируемого тела в тензорной форме, при необходимости переходя от нее к координатной и матричной	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
УК-1	Имеет практический опыт: представления основных уравнений теории упругости в различных формах записи; применения тензорного аппарата к решению задач механики	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
ПК-4	Знает: тензорный аппарат, используемый в механике твердого тела, основные меры напряженно-деформированного состояния, уравнения, законы и принципы теории упругости; основы метода конечных элементов; классические задачи теории упругости в 3D и 2D постановке	+	+	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Умеет: решать задачи теории упругости, привлекая для этого тензорный аппарат; выполнять анализ напряженно-деформированного состояния в точке тела; составлять матричную модель МКЭ стержневой и плоской конструкции	+	+	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: организации своего труда на научной основе; применения классических задач и методов теории упругости, физико-механических, математических и компьютерных моделей		+	+		+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Тимошенко С. П. Теория упругости / Пер. с англ. М. И. Рейтмана; Под ред. Г. С. Шапиро. - 2-е изд.. - М. : Наука, 1979. - 560 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика Т. 7 Теория упругости Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Наука, 1987. - 246 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник ЮУрГУ. Серия "Математика. Механика. Физика"

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Садаков О.С. Основы тензорного анализа (применительно к теории упругости). – Челябинск: ЧПИ, 1981. – 92 с.
2. Апайчев М.В. и др. Основные понятия и простейшие задачи теории упругости. Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 64 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.7 Теория упругости. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 264 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2233
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сапунов, В.Т. Задачи прикладной теории упругости: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ, 2011. — 208 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/75913

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	319 (2)	Компьютер, проектор, экран
Практические занятия и семинары	334 (2)	Компьютеры с предустановленным программным обеспечением