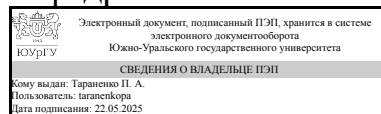


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



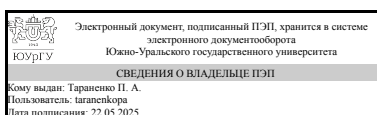
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.ПО.14 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

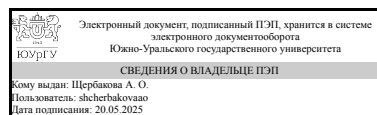
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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
История России, Математический анализ, Специальные главы сопротивления материалов, Специальные главы теоретической механики, Специальные главы математики, Дифференциальные уравнения, Анализ механической системы твердых тел, Алгебра и геометрия, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	Численные методы технической механики, Основы планирования эксперимента, Устойчивость механических систем, Строительная механика машин, Регрессионный анализ и планирование эксперимента, Вычислительные методы решения инженерных задач, Статистическая механика, Основы расчетов на прочность в инженерной практике

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

Дисциплина	Требования
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
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
Специальные главы теоретической механики	Знает: фундаментальные понятия кинематики и динамики; основные аксиомы, законы и принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности Умеет: применять теоремы кинематики, общие теоремы и принципы динамики к исследованию движения твердого тела и механической системы Имеет практический опыт: математического моделирования кинематического и динамического состояния механических систем и анализа полученных результатов
Специальные главы сопротивления материалов	Знает: основные гипотезы механики деформируемого тела и, в частности, сопротивления материалов; основы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и по допускаемым нагрузкам, в том числе при динамическом воздействии, методы расчета на устойчивость стержневых конструкций; общие закономерности неупругого однократного и повторно-переменного деформирования материалов Умеет: выделять круг задач, в которых особенности рассматриваемых процессов требуют применения специфических методов анализа; выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкций, в том числе и статически неопределимых; записывать системы уравнений и неравенств, описывающих

	неупругое деформирование конструкций; определять критическую силу для стержневой конструкции; выполнять расчеты на прочность с учетом динамических воздействий Имеет практический опыт: формулировки задач расчетов за пределами упругости, определения перечня возможных результатов; решения задач определения нагрузок, напряжений и перемещений при однократном и повторном нагружении за пределами упругости; определения предельных нагрузок, критических нагрузок, раскрытия статической неопределимости в балках, рамах и фермах, анализа конструкций при динамическом воздействии
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
Специальные главы математики	Знает: основные источники литературы по дисциплине; основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического и естественнонаучного цикла, необходимых для профессиональной деятельности Умеет: самостоятельно работать с литературой и информационными ресурсами; обрабатывать, интерпретировать и структурировать данные, полученные в процессе профессиональной деятельности, с помощью методов статистики, теории вероятностей и теории рядов Имеет практический опыт: самостоятельного изучения нового материала и его применения к конкретным задачам
Алгебра и 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
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
Анализ механической системы твердых тел	Знает: теоретические основы и методы компьютерного моделирования, компьютерные системы моделирования динамики механизмов из абсолютно твердых тел Умеет: разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции, выполнять кинематический и динамический анализ механической системы Имеет практический опыт: работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел, кинематического и динамического анализа механических систем

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 110,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	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>	105,25	53,75	51,5
Подготовка к экзамену	11,5	0	11,5
Подготовка к зачету	13,75	13,75	0
Работа с контрольными тестами №1-3	10	10	0

Подготовка к контрольным работам №4-6	20	0	20
Подготовка к контрольным работам №1-3	30	30	0
Выполнение домашних заданий №4-6	20	0	20
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	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 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
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	13,75
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
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	6	20

	(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.		
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	30
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

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 мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи- тыва- 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	зачет

						решении допущены незначительные ошибки; 3- задание в целом решено верно, но сдано позже установленного срока	
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 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
7	5	Текущий контроль	KP1	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	KP2	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:	зачет

						менее 60% верных ответов	
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	экзамен

						максимального балла: Отлично: 90 - 100 % верных ответов; Хорошо: 75 - 89 % верных ответов; Удовлетворительно: 60 - 74 % верных ответов; Неудовлетворительно: менее 60% верных ответов	
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 - 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
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

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
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	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	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	
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 автоматом ставится по результатам текущего рейтинга, набранного до начала зачетной недели	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

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

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

Нет

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	Компьютер, проектор, экран

	(2)	
Практические занятия и семинары	334 (2)	Компьютеры с предустановленным программным обеспечением