

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Теория упругости Б1.Б.19

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Бережной Д.В.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Султанов Л. У.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 81723716

Казань
2016

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Бережной Д.В. Кафедра теоретической механики отделение механики , Dmitri.Berezhnoi@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Теория упругости" является получение базовых знаний по теории упругости, включая следующие вопросы: понятие сплошной среды; область приложений; лагранжево и эйлерово описание движения; закон движения, вектор перемещений, скорость, ускорение; элементы тензорного исчисления; тензоры деформаций, скоростей деформаций, вектор вихря; интегральные законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и энергии; динамические и термодинамические понятия: тензоры напряжений и моментных напряжений, внутренняя энергия, поток тепла; дифференциальные уравнения и условия на разрывах, следующие из законов сохранения; линейно-упругой среды (полные системы уравнений); типичные начальные и краевые условия.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.Б.19 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 15.03.03 Прикладная механика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Курсом "Теория упругости" продолжается общемеханическое образование. Знания, полученные в этом курсе, используются в дальнейшем в курсе "Теория упругости" и специальных курсах, как обязательных по выбору кафедры, например "Термоупругость", "Основы прочности конструкций" и др., так и по выбору студента. Слушатели должны владеть знаниями курса теоретической механики и математических дисциплин, изучаемых на первом и втором курсах.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения
ОК-10 (общекультурные компетенции)	использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях
ОК-11 (общекультурные компетенции)	способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОК-12 (общекультурные компетенции)	владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией
ОК-15 (общекультурные компетенции)	уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-16 (общекультурные компетенции)	быть готовым к профессиональному росту, самостоятельно пополнять свои знания, совершенствовать умения и навыки, самостоятельно приобретать и применять новые знания, развивать компетенции
ОК-18 (общекультурные компетенции)	использовать в личной жизни и профессиональной деятельности этические и правовые нормы, регулирующие межличностные отношения и отношение к обществу, окружающей среде, основные закономерности и нормы социального поведения, права и свободы человека и гражданина
ОК-2 (общекультурные компетенции)	уметь логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь
ОК-21 (общекультурные компетенции)	владеть культурой безопасности, экологическим сознанием и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности
ОК-3 (общекультурные компетенции)	быть готовым к сотрудничеству с коллегами и к работе в коллективе
ОК-4 (общекультурные компетенции)	находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и быть готовым нести за них ответственность
ОК-6 (общекультурные компетенции)	стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства
ОК-7 (общекультурные компетенции)	уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки, наметить пути и средства развития достоинств и устранения недостатков
ОК-8 (общекультурные компетенции)	осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ПК-10 (профессиональные компетенции)	выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов
ПК-12 (профессиональные компетенции)	участвовать во внедрении и сопровождении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики
ПК-13 (профессиональные компетенции)	участвовать в организации работы, направленной на формирование творческого характера деятельности небольших коллективов, работающих в области прикладной механики
ПК-15 (профессиональные компетенции)	разрабатывать планы на отдельные виды работ и контролировать их выполнение

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям
ПК-4 (профессиональные компетенции)	быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний
ПК-5 (профессиональные компетенции)	составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации
ПК-7 (профессиональные компетенции)	проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов
ПК-8 (профессиональные компетенции)	участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин
ПК-9 (профессиональные компетенции)	участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные понятия и законы термодинамики; уравнение производства энтропии; принцип Онзагера; модели жидкостей и газов; термодинамические потенциалы; совершенный газ; линейно-вязкие и теплопроводные жидкости и газы; поверхности сильных и слабых разрывов; условия на разрывах в идеальном газе; гидромеханика идеальной жидкости; интегралы уравнений Эйлера; потенциальные и вихревые течения; плоские и пространственные задачи обтекания тел жидкостями и газами; распространение волн; гидромеханика вязкой жидкости; точные решения уравнений Навье-Стокса и приближения по числу Рейнольдса; пограничный слой и явление отрыва; турбулентность; уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности; общая теория нелинейного термоупругого тела; линейная теория упругости; плоские и пространственные статические задачи; волны в упругих телах; модели вязкоупругих сред; деформационные теории пластичности и теории течения; упрочнение материалов; квазистатические задачи теории пластичности; теория размерности; подобие и моделирование механических явлений; взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем; проводимость; поляризация и намагничивание; модели магнитной гидродинамики и электрогидродинамики.

2. должен уметь:

Логически мыслить, формулировать математические модели и постановки задач, проводить анализ уравнений и построение решений, применять полученные знания для решения актуальных практических задач.

3. должен владеть:

Навыками математического и механического подходов к проблеме моделирования разнообразных физических явлений, анализа уравнений и построения решений, применения полученных знания для решения актуальных практических задач.

Знать: основные понятия и модели теории упругости (понятие сплошной среды; область приложений; лагранжево и эйлерово описание движения; закон движения, вектор перемещений, скорость, ускорение; элементы тензорного исчисления; тензоры деформаций, скоростей деформаций, вектор вихря; интегральные законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и энергии; динамические и термодинамические понятия: тензоры напряжений и моментных напряжений, внутренняя энергия, поток тепла; дифференциальные уравнения и условия на разрывах, следующие из законов сохранения; модели идеальной и вязкой несжимаемых жидкостей, идеального газа и линейно-упругой среды (полные системы уравнений); типичные начальные и краевые условия). Студенты должны знать логические связи между ними.

Уметь: адекватно подойти к проблеме моделирования данного физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках теории упругости, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

Владеть: методами теории упругости.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Теория деформации.	5	1	2	4	0	
2.	Тема 2. Теория напряжений.	5	2	2	4	0	
3.	Тема 3. Соотношения между компонентами тензора деформации и компонентами тензора напряжений.	5	3	2	4	0	
4.	Тема 4. Упругие постоянные и другие формулы закона Гука для однородного изотропного тела.	5	4	2	4	0	
5.	Тема 5. Соотношения между напряжениями и деформациями изотропного тела при изменении его температуры (соотношения Дюамеля-Неймана).	5	5	2	4	0	
6.	Тема 6. Основные уравнения и задачи теории упругости.	5	6	2	4	0	
7.	Тема 7. Основные уравнения в напряжениях.	5	7	2	4	0	
8.	Тема 8. Общие теоремы и вариационные принципы.	5	8	2	4	0	контрольная работа
9.	Тема 9. Принцип минимума дополнительной работы.	5	9	2	4	0	
10.	Тема 10. Уравнения теории упругости в криволинейных координатах.	5	10	2	4	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Кручение прямых брусьев.	5	11	2	4	0	
12.	Тема 12. Изгиб прямых брусьев.	5	12	2	4	0	
13.	Тема 13. Плоская задача теории упругости.	5	13	2	4	0	тестирование
14.	Тема 14. Обобщенное плоское напряженное состояние.	5	14	2	4	0	
15.	Тема 15. Комплексное представление функции напряжений.	5	15	2	4	0	
16.	Тема 16. Контактные задачи.	5	16	2	4	0	
17.	Тема 17. Динамические задачи.	5	17	2	4	0	контрольная работа
18.	Тема 18. Вариационный принцип в динамике.	5	18	2	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	экзамен
	Итого			36	72	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Теория деформации.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Вектор перемещения и деформированное состояние. Тензор деформации. Тензор деформаций Коши. Тензор деформаций Грина. Тензор конечных деформаций Альманси. Тензор конечных деформаций Грина. Логарифмическая мера деформаций. Представление нелинейного тензора деформации через линейный тензор деформации и тензор малого поворота. Тензор малой деформации.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Градиенты деформаций. Градиенты перемещений. Геометрический смысл компонент тензоров малых деформаций. Преобразование компонент тензора деформации при повороте координатных осей. Однородная деформация. Потенциал перемещений. Главные деформации и инварианты тензора деформации.

Тема 2. Теория напряжений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Понятие сплошной среды. Однородность. Изотропия. Массовая плотность. Массовые силы. Поверхностные силы. Внешние силы. Напряженное состояние в точке. Вектор напряжения и напряженное состояние. Принцип напряжения Коши. Тензор напряжений. Тензор напряжений Коши. Первый тензор напряжений Пиолы-Кирхгофа. Второй тензор напряжений Пиолы-Кирхгофа. Связь между тензором и вектором напряжений.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Дифференциальные уравнения равновесия и симметрия тензора напряжений. Статическая неопределимость задачи определения тензора напряжений. Преобразование компонент тензора напряжений при повороте координатных осей.

Тема 3. Соотношения между компонентами тензора деформации и компонентами тензора напряжений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Термодинамика упругого деформирования. Формула Грина. Упругий потенциал и дополнительная работа. Обобщенный закон Гука. Обобщенный закон Гука для однородного изотропного тела.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Уравнения количества движения и момента количества движения для конечных объемов сплошной среды, динамические дифференциальные уравнения движения сплошной среды.

Тема 4. Упругие постоянные и другие формулы закона Гука для однородного изотропного тела.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Формула Клапейрона и формула Кастильяно. Формула Бетти. Удельная потенциальная энергия деформации и удельная дополнительная работа линейно-упругого тела.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Общее решение уравнений в перемещениях. Решение Папковича-Нейбера. Решение Кельвина. Определение перемещений по компонентам тензора малых деформаций.

Тема 5. Соотношения между напряжениями и деформациями изотропного тела при изменении его температуры (соотношения Дюамеля-Неймана).

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Соотношения между напряжениями и деформациями изотропного тела при изменении его температуры (соотношения Дюамеля-Неймана).

практическое занятие (4 часа(ов)):

Метод Ритца.

Тема 6. Основные уравнения и задачи теории упругости.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Уравнения равновесия. Линейные соотношения Коши. Уравнения совместности Сен-Венана. Физические соотношения (закон Гука). Статические и кинематические граничные условия. Основные задачи статики упругого тела. Прямая и обратная задачи теории упругости. Уравнения упругого равновесия в перемещениях (уравнения Ламе).

практическое занятие (4 часа(ов)):

Метод Канторовича. Метод Трещфа.

Тема 7. Основные уравнения в напряжениях.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Уравнения Бельтрами-Мичелла. Полуобратный метод Сен-Венана. Принцип Сен-Венана. Метод суперпозиции.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Брус эллиптического сечения.

Тема 8. Общие теоремы и вариационные принципы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Теорема Клапейрона. Теорема о единственности решения. Теорема Бетти. Вариационные принципы. Принцип минимума потенциальной энергии.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Кручение бруса круглого сечения с продольной полукруглой канавкой. Кручение бруса с поперечным сечением в виде сектора круга.

Тема 9. Принцип минимума дополнительной работы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Вариационный принцип Рейсснера. Полный функционал статики линейно-упругого тела.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Кручение брусьев многосвязного замкнутого тонкостенного профиля. Кручение круглых брусьев переменного диаметра.

Тема 10. Уравнения теории упругости в криволинейных координатах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные уравнения и соотношения в криволинейных координатах. Компоненты метрического тензора и символы Кристоффеля для некоторых ортогональных криволинейных координат.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Изгиб бруса эллиптического поперечного сечения. Изгиб бруса прямоугольного поперечного сечения. Центр изгиба для бруса с полукруглым поперечным сечением.

Тема 11. Кручение прямых брусьев.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Постановка задачи и основные уравнения. Перемещения при кручении призматических брусьев и теорема о циркуляции касательного напряжения. Функция кручения. Теорема о максимуме касательного напряжения. Мембранная аналогия. Прямые методы решения вариационной задачи кручения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Изгиб двухопорной балки узкого прямоугольного сечения равномерно распределенной нагрузкой. Изгиб консоли равномерно распределенной нагрузкой.

Тема 12. Изгиб прямых брусьев.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Постановка задачи и основные уравнения. Центр изгиба.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Полый цилиндр под действием равномерного внутреннего и внешнего давления (задача Ламе). Равновесие кольцевой пластины под действием касательных усилий на внутреннем и внешнем контурах. Чистый изгиб кривого бруса узкого прямоугольного сечения (задача Головина). Плоские задачи в полярных координатах, в которых напряжения зависят от радиуса и угла.

Тема 13. Плоская задача теории упругости.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Плоская деформация. Функция напряжений. Плоское напряженное состояние.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Изгиб клина силой, приложенной к его вершине. Изгиб клина моментом, приложенным к его вершине (задача Инглиса). Изгиб клина равномерно распределенной нагрузкой (задача М. Леви).

Тема 14. Обобщенное плоское напряженное состояние.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Перемещения в плоской задаче. Механический смысл функции Эри и граничные условия для нее. Теорема Леви-Мичелла. Представление бигармонической функции.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Сопряженные функции. Формула Гурса. Формулы Колосова. Формулы Колосова-Мусхелишвили.

Тема 15. Комплексное представление функции напряжений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Комплексное представление компонент тензора напряжений и перемещений. Граничные условия, которым должны удовлетворять функции Колосова-Мусхелишвили. Формулы Колосова в ортогональных криволинейных координатах.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Действие на плоскость сосредоточенного момента. Действие на плоскость сосредоточенной силы.

Тема 16. Контактные задачи.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Элементарное решение первого типа. Центр растяжения (сжатия) в бесконечном теле.
Элементарное решение второго типа.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Конформное отображение. Интегралы Коши. Граничные значения голоморфных функций.
Общее решение для областей, ограниченных одним замкнутым контуром.

Тема 17. Динамические задачи.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Постановка динамической задачи теории упругости. Скалярный и век-торный потенциал.
Скорость распространения волн в среде. Стационарные и нестационарные задачи.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Одноосное растяжение пластины с эллиптическим отверстием. Всестороннее растяжение пластины с эллиптическим отверстием.

Тема 18. Вариационный принцип в динамике.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Функционал действия по Гамильтону. Свободные колебания упругих тел. Вынужденные колебания упругих тел.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Неравенство Рэлея и метод Ритца. Два типа волн. Прогрессивные волны. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Теория деформации.	5	1	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Теория напряжений.	5	2	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
3.	Тема 3. Соотношения между компонентами тензора деформации и компонентами тензора напряжений.	5	3	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
4.	Тема 4. Упругие постоянные и другие формулы закона Гука для однородного изотропного тела.	5	4	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
5.	Тема 5. Соотношения между напряжениями и деформациями изотропного тела при изменении его температуры (соотношения Дюамеля-Неймана).	5	5	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Основные уравнения и задачи теории упругости.	5	6	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
7.	Тема 7. Основные уравнения в напряжениях.	5	7	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
8.	Тема 8. Общие теоремы и вариационные принципы.	5	8	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
9.	Тема 9. Принцип минимума дополнительной работы.	5	9	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
10.	Тема 10. Уравнения теории упругости в криволинейных координатах.	5	10	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
11.	Тема 11. Кручение прямых брусьев.	5	11	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
12.	Тема 12. Изгиб прямых брусьев.	5	12	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
13.	Тема 13. Плоская задача теории упругости.	5	13	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к тестированию	1	тестирование
14.	Тема 14. Обобщенное плоское напряженное состояние.	5	14	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
15.	Тема 15. Комплексное представление функции напряжений.	5	15	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
16.	Тема 16. Контактные задачи.	5	16	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
17.	Тема 17. Динамические задачи.	5	17	подготовка домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
18.	Тема 18. Вариационный принцип в динамике.	5	18	подготовка домашнего задания подготовка к экзамену	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, зачеты и экзамены. В течение учебного года студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Теория деформации.

домашнее задание , примерные вопросы:

Поверхность деформации. Шаровой тензор и девиатор деформации. Условия совместности деформаций. Определение перемещений через компоненты тензора относительного перемещения.

Тема 2. Теория напряжений.

домашнее задание , примерные вопросы:

Главные напряжения и инварианты тензора напряжений. Нормальные и касательные напряжения. Поверхность напряжений. Эллипсоид напряжений. Круговая диаграмма Мора. Шаровой тензор и девиатор напряжений.

Тема 3. Соотношения между компонентами тензора деформации и компонентами тензора напряжений.

домашнее задание , примерные вопросы:

Элементарная работа внутренних массовых и поверхностных сил, кинетическая энергия и уравнение кинетической энергии для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.

Тема 4. Упругие постоянные и другие формулы закона Гука для однородного изотропного тела.

домашнее задание , примерные вопросы:

Простейшие задачи теории упругости. Растяжение прямого бруса. Чистый изгиб бруса постоянного поперечного сечения. Всестороннее равномерное сжатие тела.

Тема 5. Соотношения между напряжениями и деформациями изотропного тела при изменении его температуры (соотношения Дюамеля-Неймана).

домашнее задание , примерные вопросы:

Метод Бубнова-Галеркина.

Тема 6. Основные уравнения и задачи теории упругости.

домашнее задание , примерные вопросы:

Уравнения в полярных цилиндрических координатах. Уравнения в сферических координатах.

Тема 7. Основные уравнения в напряжениях.

домашнее задание , примерные вопросы:

Кручение бруса, поперечное сечение которого представляет собой равносторонний треугольник. Кручение бруса прямоугольного поперечного сечения.

Тема 8. Общие теоремы и вариационные принципы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Комплексная функция кручения. Метод конформного отображения. Напряжения в вершинах выступающих и входящих углов контура поперечного сечения.

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи на контрольную работу. 1. Для заданного тензора напряжений в точке определить вектор напряжений в этой точке на площадке с единичным вектором нормали. 2. Для вектора напряжений задачи 1 определить: а) компоненту, перпендикулярную площадке; б) модуль вектора напряжений; в) угол между вектором напряжений и нормалью к площадке. 3. Для заданного тензора напряжений определить: а) главные напряжения; б) главные инварианты тензора; в) главные значения девиатора тензора напряжения; г) главные инварианты девиатора тензора напряжений; д) максимальное нормальное напряжение; е) максимальное касательное напряжение. 4. Для случая плоского напряженного состояния по известной системе деформаций определить, при каких условиях на неопределенные коэффициенты заданная система деформаций отвечает условиям сплошности. 5. Определить, какая из заданных функций может быть принята за функцию напряжений при решении плоской задачи теории упругости.

Тема 9. Принцип минимума дополнительной работы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Кручение анизотропных брусьев.

Тема 10. Уравнения теории упругости в криволинейных координатах.

домашнее задание , примерные вопросы:

Плоская задача в декартовых координатах. Решение с помощью полиномов (решения Менаже). Изгиб консоли силой, приложенной на конце.

Тема 11. Кручение прямых брусьев.

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение Рибьера и Файлона. Плоская задача в полярных координатах. Плоские задачи в полярных координатах, в которых напряжения зависят только от радиуса.

Тема 12. Изгиб прямых брусьев.

домашнее задание , примерные вопросы:

Изгиб кривого бруса узкого прямоугольного сечения силой, приложенной к незакрепленному концу (задача Головина). Сжатие симметричного клина силой, приложенной к его вершине (задача Мичелла).

Тема 13. Плоская задача теории упругости.

домашнее задание , примерные вопросы:

Действия некоторых нагрузок на прямолинейную кромку полубесконечной пластины. Сжатие круглой пластины.

тестирование , примерные вопросы:

Примерные тесты. 1. Какие из приведенных ниже уравнений называют физическими соотношениями: 1. приведены уравнения равновесия; 2. линейные соотношения Коши; 3. соотношения закона Гука; 4. уравнения неразрывности. 2. Основная задача статики упругого тела второго типа состоит: 1. в определении напряжений и перемещений по заданным массовым силам и статическим граничным условиям на части внешней поверхности тела и кинематическим граничным условиям на остальной части внешней поверхности тела; 2. в определении напряжений и перемещений по заданным массовым силам и кинематическим граничным условиям на всей внешней поверхности тела; 3. в определении напряжений и перемещений по заданным массовым силам и статическим граничным условиям на всей внешней поверхности тела; 3. Когда объемная деформация является гармонической функцией: 1. в случае отсутствия массовых сил; 2. в случае постоянных массовых сил; 3. в случае отсутствия поверхностных сил; 4. в случае постоянных поверхностных сил. 5. В случае постоянных массовых сил компоненты тензора напряжений являются: 1. гармоническими функциями; 2. бигармоническими функциями; 3. трансцендентными функциями. 6. Температура включается между напряжениями и деформациями в связь: 1. девиаторную; 2. шаровую; 3. девиаторную и шаровую. 7. В общем случае задача теории упругости для плоского деформированного состояния: 1. двумерная; 2. трехмерная. 8. Плоское деформированное состояние реализуется: 1. в бесконечно длинных призматических телах; 2. в тонких пластинках; 3. в тонких оболочках.

Тема 14. Обобщенное плоское напряженное состояние.

домашнее задание , примерные вопросы:

Общее решение основной задачи первого типа для бесконечной плоскости с круговым отверстием. Плоскость с круговым отверстием, к контуру которого приложено равномерное давление.

Тема 15. Комплексное представление функции напряжений.

домашнее задание , примерные вопросы:

Одностороннее растяжение пластины с малым круговым отверстием (задача Кирша). Пластина с малым круговым отверстием при нагружении в двух направлениях.

Тема 16. Контактные задачи.

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение основной задачи первого типа для круга. Круговая пластина, загруженная по контуру некоторой совокупностью сосредоточенных сил. Решение основной задачи первого типа для бесконечной плоскости с эллиптическим отверстием.

Тема 17. Динамические задачи.

домашнее задание , примерные вопросы:

Действие сосредоточенной силы на плоскую границу полубесконечного тела (задача Буссинеска). Давление между двумя соприкасающимися телами (задача Герца).

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи на контрольную работу. 1. Ввести пространственную систему координат и лагранжевы координаты частиц и найти закон движения в следующих случаях: а) твердое тело движется поступательно со скоростью, постоянной по направлению и имеющей постоянную величину; б) твердое тело вращается вокруг неподвижной оси с постоянной угловой скоростью. 2. Для поступательных движений твердого тела указать общий вид поля скорости в лагранжевом описании и общий вид закона движения. 3. Показать, что любой тензор второго ранга представляется в виде суммы симметричного и антисимметричного тензоров. Единственно ли такое представление? 4. Являются ли символы Кристоффеля компонентами тензора?

Тема 18. Вариационный принцип в динамике.

домашнее задание , примерные вопросы:

Плоская продольная волна. Сферическая продольная волна. Плоская поперечная волна.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные вопросы к экзамену.

1. Теория деформации. Вектор перемещения и деформированное состояние. Тензор деформации. Тензор деформаций Коши. Тензор деформаций Грина. Тензор конечных деформаций Альманси. Тензор конечных деформаций Грина. Логарифмическая мера деформаций. Представление нелинейного тензора деформации через линейный тензор деформации и тензор малого поворота. Тензор малой деформации.
2. Теория напряжений. Понятие сплошной среды. Однородность. Изотропия. Массовая плотность. Массовые силы. Поверхностные силы. Внешние силы. Напряженное состояние в точке. Вектор напряжения и напряженное состояние. Принцип напряжения Коши. Тензор напряжений. Тензор напряжений Коши. Первый тензор напряжений Пиолы-Кирхгофа. Второй тензор напряжений Пиолы-Кирхгофа. Связь между тензором и вектором напряжений.
3. Соотношения между компонентами тензора деформации и компонентами тензора напряжений. Термодинамика упругого деформирования. Формула Грина. Упругий потенциал и дополнительная работа. Обобщенный закон Гука. Обобщенный закон Гука для однородного изотропного тела.
4. Упругие постоянные и другие формулы закона Гука для однородного изотропного тела. Формула Клапейрона и формула Кастильяно. Формула Бетти. Удельная потенциальная энергия деформации и удельная дополнительная работа линейно-упругого тела.
5. Соотношения между напряжениями и деформациями изотропного тела при изменении его температуры (соотношения Дюамеля-Неймана).

6. Основные уравнения и задачи теории упругости. Уравнения равновесия. Линейные соотношения Коши. Уравнения совместности Сен-Венана. Физические соотношения (закон Гука). Статические и кинематические граничные условия. Основные задачи статики упругого тела. Прямая и обратная задачи теории упругости. Уравнения упругого равновесия в перемещениях (уравнения Ламе).
7. Основные уравнения в напряжениях (уравнения Бельтрами-Мичелла). Полуобратный метод Сен-Венана. Принцип Сен-Венана. Метод суперпозиции.
8. Общие теоремы и вариационные принципы. Теорема Клапейрона. Теорема о единственности решения. Теорема Бетти. Вариационные принципы. Принцип минимума потенциальной энергии.
9. Принцип минимума дополнительной работы. Вариационный принцип Рейсснера. Полный функционал статики линейно-упругого тела.
10. Уравнения теории упругости в криволинейных координатах. Основные уравнения и соотношения в криволинейных координатах. Компоненты метрического тензора и символы Кристоффеля для некоторых ортогональных криволинейных координат.
11. Кручение прямых брусьев. Постановка задачи и основные уравнения. Перемещения при кручении призматических брусьев и теорема о циркуляции касательного напряжения. Функция кручения. Теорема о максимуме касательного напряжения. Мембранная аналогия. Прямые методы решения вариационной задачи кручения.
12. Изгиб прямых брусьев. Постановка задачи и основные уравнения. Центр изгиба.
13. Плоская задача теории упругости. Плоская деформация. Функция напряжений. Плоское напряженное состояние.
14. Обобщенное плоское напряженное состояние. Перемещения в плоской задаче. Механический смысл функции Эри и граничные условия для нее. Теорема Леви-Мичелла. Представление бигар-монической функции.
15. Комплексное представление функции напряжений. Комплексное представление компонент тензора напряжений и перемещений. Граничные условия, которым должны удовлетворять функции Колосова-Мухомелишвили. Формулы Колосова в ортогональных криволинейных координатах.
16. Контактные задачи. Элементарное решение первого типа. Центр растяжения (сжатия) в бесконечном теле. Элементарное решение второго типа.
17. Динамические задачи. Постановка динамической задачи теории упругости. Скалярный и векторный потенциал. Скорость распространения волн в среде. Стационарные и нестационарные задачи.
18. Вариационный принцип в динамике. Функционал действия по Гамильтону. Свободные колебания упругих тел. Вынужденные колебания упругих тел.

7.1. Основная литература:

Практические занятия по механике сплошной среды : учебно-методическое пособие / Казан. (Приволж.) федер. ун-т ; [сост. к.ф.-м.н. К. А. Поташев] .- Казань : [Казанский университет], 2010 .- 43 с.

Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.,
<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 253 с. <http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

7.2. Дополнительная литература:

Нигматулин, Роберт Искандерович. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 "Фундаментальная механика и механика" и направлению подготовки 010800 "Механика и математическое моделирование" / Р. И. Нигматулин. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 639 с.

Темам Р., Миранвиль А., Математическое моделирование в механике сплошных сред. - 2-е изд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 319 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/50538/>

Семенов, В. П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Семенов. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 375 с. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=462982>

7.3. Интернет-ресурсы:

А.Ю.Чеботарев ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ СПЛОШНЫХ СРЕД - imcs.dvgu.ru/struc/kmf/download/mss.pdf

Курс механики сплошных сред - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Лекции по механике сплошных сред - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 1 - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 2 - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Теория упругости" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Лабораторные установки для изучения свойств деформируемых твердых тел.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 15.03.03 "Прикладная механика" и профилю подготовки Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры .

Автор(ы):

Бережной Д.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. _____

"__" _____ 201__ г.