

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



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Математические модели механики сплошной среды Б3.Б.10

Направление подготовки: 010800.62 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Филатов Е.И.

Рецензент(ы):

Поташев К.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Егоров А. Г.

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 81722115

Казань
2014

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) Филатов Е.И. Кафедра аэрогидромеханики отделение механики, Evgueny.Filatov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Основы механики сплошной среды" является получение базовых знаний по механике сплошной среды, 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; модели идеальной и вязкой несжимаемых жидкостей, идеального газа и 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 "Б3.Б.10 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.62 Механика и математическое моделирование и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7 семестры.

Дисциплина содержится в блоке профессиональных дисциплин в базовой части. Курсом "Основы механики сплошной среды" продолжается общемеханическое образование. Знания, полученные в этом курсе, используются в дальнейшем в курсе "Математические модели механики сплошной среды" и специальных курсах, как обязательных по выбору кафедры, например "Гидромеханика", "Механика деформируемого твердого тела" 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
ПК-10 (профессиональные компетенции)	пониманием корректности постановок задач (ПК-10);
ПК-12 (профессиональные компетенции)	глубокое понимание сути точности фундаментального знания (ПК-12);
ПК-2 (профессиональные компетенции)	умением понять поставленную задачу (ПК-2);
ПК-3 (профессиональные компетенции)	умением формулировать результат (ПК-3);
ПК-9 (профессиональные компетенции)	знанием корректных постановок классических задач (ПК-9);
ПК-22 (профессиональные компетенции)	пониманием того, что фундаментальное математическое знание является главным инструментом механики (ПК-22);

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.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

1) Знать: основные понятия и модели механики сплошной среды (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.

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

3) Владеть: методами механики сплошной среды.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы) 288 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 семестре; экзамен в 7 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. Основные понятия и законы термодинамики. Модели жидкостей и газов.	6	1-5	10	0	10	домашнее задание
2.	Тема 2. Гидростатика. Гидромеханика идеальной жидкости. Распространение волн малой амплитуды в идеальном газе.	6	6-10	10	0	10	домашнее задание
3.	Тема 3. Гидродинамика вязкой жидкости. Уравнения пограничного слоя на плоской пластине.	6	11-14	8	0	8	тестирование
4.	Тема 4. Турбулентность	6	15-18	8	0	8	домашнее задание
5.	Тема 5. Модели упругих сред	7	1-2	4	4	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Линейная теория упругости. Плоские задачи теории упругости. Приближенные методы решения задач, основанные на применении вариационного принципа.	7	3-10	16	16	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Деформируемые твердые тела с неупругим поведением. Основные понятия теории пластичности.	7	11-13	6	6	0	тестирование

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Теория размерности и моделирование механических явлений.	7	14-15	4	4	0	домашнее задание
9.	Тема 9. Взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем.	7	16-18	6	6	0	домашнее задание
	Итого			72	36	36	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия и законы термодинамики. Модели жидкостей и газов.

лекционное занятие (10 часа(ов)):

Первое и второе начала термодинамики. Уравнение производства энтропии, принцип Онзагера. Модели жидкостей и газов. Термодинамические потенциалы. Совершенный газ. Линейно-вязкие и теплопроводные жидкости и газы.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Решение задач на базе двухпараметрической модели идеального газа.

Тема 2. Гидростатика. Гидромеханика идеальной жидкости. Распространение волн малой амплитуды в идеальном газе.

лекционное занятие (10 часа(ов)):

Гидростатика, закон Архимеда. Гидромеханика идеальной жидкости, интеграл Бернулли, интеграл Коши-Лагранжа, явление кавитации. Постановка плоских задач о течении идеальной несжимаемой жидкости, обтекание цилиндра с циркуляцией, сила Жуковского; неустановившееся движение сферы в жидкости, парадокс Даламбера. Распространение волн малой амплитуды в идеальном газе, эффект Доплера Сопло Лавалля. Волны Римана.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

Решение задач по гидростатике и гидродинамике идеальной несжимаемой жидкости, применение аппарата теории функций комплексного переменного.

Тема 3. Гидродинамика вязкой жидкости. Уравнения пограничного слоя на плоской пластине.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Гидродинамика вязкой жидкости. Стационарные течения Куэтта и Пуазейля. Приближение Стокса, обтекание шара. Уравнения пограничного слоя на плоской пластине.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

Изучение влияния вязкости на течение жидкости. Решение простейших задач с учетом пограничного слоя на плоской пластине.

Тема 4. Турбулентность

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Турбулентность (критерий Рей-нольдса, уравнения Рейнольдса; полуэмпирические теории турбулентности)

лабораторная работа (8 часа(ов)):

лабораторные опыты по переходу ламинарного течения в турбулентное. Решение задач с для турбулентных течений жидкости с использованием эмпирических формул.

Тема 5. Модели упругих сред

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Модели упругих сред (полная система уравнений нелинейной теории упругости; изотропная линейная термоупругая среда, физический смысл коэффициентов, входящих в модель)

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач с использованием модели изотропной линейной термоупругой среды, выявление физического смысла коэффициентов, входящих в модель)

Тема 6. Линейная теория упругости. Плоские задачи теории упругости. Приближенные методы решения задач, основанные на применении вариационного принципа.

лекционное занятие (16 часа(ов)):

Линейная теория упругости (постановка задач в перемещениях и напряжениях; уравнения Бельтрами-Мичелла). Принцип Сен-Венана. Плоские задачи теории упругости; плоское деформированное состояние, обобщенное плоское напряженное состояние, функция напряжений Эри. Приближенные методы решения задач, основанные на применении вариационного принципа. Задача о кручении круглого стержня; задача Ламе о трубе под действием внутреннего и внешнего давлений; задача о чистом изгибе балки. Волны в безграничной упругой среде; поверхностные волны Рэлея.

практическое занятие (16 часа(ов)):

Решение задач линейной теории упругости (постановка задач в перемещениях и напряжениях; уравнения Бельтрами-Мичелла). Плоские задачи теории упругости. Решения задач, основанные на применении вариационного принципа. Задача о кручении круглого стержня; задача Ламе о трубе под действием внутреннего и внешнего давлений; задача о чистом изгибе балки.

Тема 7. Деформируемые твердые тела с неупругим поведением. Основные понятия теории пластичности.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Деформируемые твердые тела с неупругим поведением (модели вязкоупругих сред; пластичность, ползучесть, релаксация). Основные понятия теории пластичности; идеально-пластические тела и тела с упрочнением; условия пластичности Треска и Мизеса; деформационные теории и теории течения; ассоциированный закон; задача о кручении упруго-пластического стержня.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач для деформируемых твердых тел с неупругим поведением, использование условия пластичности Треска и Мизеса. Задача о кручении упруго-пластического стержня.

Тема 8. Теория размерности и моделирование механических явлений.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Теория размерности и моделирование механических явлений (Пи-теорема; определяющие параметры; критерии подобия; применение теории размерности для нахождения аналитических и численных решений, физического моделирования и обработки экспериментов)

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач на моделирование различных механических явлений с использованием Пи-теоремы.

Тема 9. Взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем (уравнения Максвелла; проводимость, поляризация, намагничивание среды; действие электромагнитного поля на сплошную среду; уравнения магнитной гидродинамики; уравнения электродинамики)

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение простейших задач электродинамики.

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. Основные понятия и законы термодинамики. Модели жидкостей и газов.	6	1-5	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
2.	Тема 2. Гидростатика. Гидромеханика идеальной жидкости. Распространение волн малой амплитуды в идеальном газе.	6	6-10	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
3.	Тема 3. Гидродинамика вязкой жидкости. Уравнения пограничного слоя на плоской пластине.	6	11-14	подготовка к тестированию	8	тестирование
4.	Тема 4. Турбулентность	6	15-18	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
5.	Тема 5. Модели упругих сред	7	1-2	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Линейная теория упругости. Плоские задачи теории упругости. Приближенные методы решения задач, основанные на применении вариационного принципа.	7	3-10	подготовка домашнего задания	16	домашнее задание
7.	Тема 7. Деформируемые твердые тела с неупругим поведением. Основные понятия теории пластичности.	7	11-13	подготовка к тестированию	6	тестирование
8.	Тема 8. Теория размерности и моделирование механических явлений.	7	14-15	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
9.	Тема 9. Взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем.	7	16-18	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
	Итого				72	

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. Основные понятия и законы термодинамики. Модели жидкостей и газов.

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи на использование модели идеального газа. Найти динамическую добавку давления в носовой части фюзеляжа самолета, летящего при $M=0.7$ на уровне земли. Найти ошибку, которая получится, если определять p_0 без учета сжимаемости воздуха.

Тема 2. Гидростатика. Гидромеханика идеальной жидкости. Распространение волн малой амплитуды в идеальном газе.

домашнее задание , примерные вопросы:

Проверка правильности решения заданных на дом задач. Например: 1. Найти распределение давления в тяжелой жидкости, вращающейся с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси. Найти форму свободной поверхности жидкости. 2. В идеальной несжимаемой жидкости расширяется непроницаемая сфера. Известен закон изменения радиуса сферы со временем. Найти давление на поверхности сферы.

Тема 3. Гидродинамика вязкой жидкости. Уравнения пограничного слоя на плоской пластине.

тестирование , примерные вопросы:

Проверка полноты и правильности ответов на вопросы теста. Течения Куэтта и Пуазейля. Приближение Стокса, обтекание шара. Уравнения пограничного слоя на плоской пластине.

Тема 4. Турбулентность

домашнее задание , примерные вопросы:

Проверка правильности решения заданных на дом задач. Например: Найти распределение скорости в вязкой несжимаемой жидкости, которая ограничена бесконечной пластиной, совершающей гармонические колебания в своей плоскости.

Тема 5. Модели упругих сред

домашнее задание , примерные вопросы:

Проверка правильности решения заданных на дом задач. Например: 1. Определить напряженное состояние линейно-упругой среды со сферической полостью с заданным давлением. 2. Найти деформации упругого цилиндра, равномерно вращающегося вокруг своей оси.

Тема 6. Линейная теория упругости. Плоские задачи теории упругости. Приближенные методы решения задач, основанные на применении вариационного принципа.

домашнее задание , примерные вопросы:

Проверка правильности решения заданных на дом задач. Например: Горизонтально расположенная тяжелая однородная упругая балка шарнирно закреплена на концах и посередине. На какую из опор балки ? находящуюся на конце или в её центре ? приходится большая нагрузка?

Тема 7. Деформируемые твердые тела с неупругим поведением. Основные понятия теории пластичности.

тестирование , примерные вопросы:

Проверка полноты и правильности ответов на вопросы теста. Модели вязкоупругих сред; пластичность, ползучесть, релаксация. идеально-пластические тела и тела с упрочнением; условия пластичности Треска и Мизеса; деформационные теории и теории течения; ассоциированный закон; задача о кручении упруго-пластического стержня.

Тема 8. Теория размерности и моделирование механических явлений.

домашнее задание , примерные вопросы:

Проверка правильности решения заданных на дом задач. Например: Известна высота звука, издаваемого моделью колокола в одну сотую от натуральной величины. С помощью теории размерности найти высоту звука, который издает натуральный колокол.

Тема 9. Взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем.

домашнее задание , примерные вопросы:

Проверка правильности решения заданных на дом задач. Например: взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем (уравнения Максвелла; проводимость, поляризация, намагничивание среды; действие электромагнитного поля на сплошную среду; записать уравнения магнитной гидродинамики; уравнения электродинамики)

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные экзаменационные билеты:

1. Модель идеальной несжимаемой среды.
2. Уравнение Громеки-Лемба. Интеграл Бернулли.
3. Интеграл Бернулли для идеальной жидкости и его применение.
4. Обтекание кругового цилиндра плоским потенциальным потоком.
5. Потенциал скорости движения сферы в безграничном объеме идеальной несжимаемой жидкости.
6. Ускоренное движение шара в безграничном потоке идеальной несжимаемой жидкости.
7. Функции тока и потенциал скорости. Сопряженная скорость.
8. Комплексный потенциал. Функция тока и потенциал скорости. Вихрь. Источник.
9. Комплексный потенциал движения и обтекания цилиндра.
10. Применение конформного отображения в задаче обтекания профиля.

7.1. Основная литература:

Практические занятия по механике сплошной среды, Поташев, Константин Андреевич, 2010г.

1. Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.,

<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

2. 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:

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

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

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

2. 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

Гидродинамика - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

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 "Математические модели механики сплошной среды" 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 течений жидкостей и газов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.62 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки Общий профиль .

Автор(ы):

Филатов Е.И. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Поташев К.А. _____

"__" _____ 201__ г.