

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет
Кафедра газовой и волновой динамики



УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
/Нигматулин Р.И./
« 10 » июня 2019г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Газовая и волновая динамика

наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:

специалитет

Направление подготовки (специальность):

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП: В-ПД

Фундаментальная механика

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения:

очная

очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры газовой и волновой динамики
(протокол № 15, « 10 » июня 2019 года)

Москва 2019

На обратной стороне титула:

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности «Фундаментальные математика и механика» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки; программы специалитета; программы магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение _____ 2016 _____

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО (*относится к базовой или вариативной части ОПОП ВО, или является факультативом*). Включена в основную часть профессионального цикла при получении специализации «Фундаментальная механика».
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): освоение дисциплины «Основы механики сплошных сред», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Механика сплошной среды», «Дифференциальные уравнения».
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с компетенциями
__СПК-1__	<p>Уметь решать задачи специализации _____</p> <p>Владеть: специальными разделами фундаментальной механики, методами анализа, а именно: _____</p> <p>1) знать основные понятия, определения и свойства объектов исследования, основные термодинамические соотношения для многокомпонентных систем;</p> <p>2) знать классификацию систем уравнений в частных производных, понятие характеристик гиперболических систем и основные методы решения задач;</p> <p>3) знать теорию распространения простых волн и ударных волн, уметь решать типичные задачи взаимодействия простых и ударных волн друг с другом и с контактными разрывами;</p> <p>4) знать классификацию волн детонации и дефлаграции в метастабильных средах, уметь решать автомодельные задачи о движении поршня при наличии в области фронта дефлаграции или детонации.</p>
__СПК-2__	<p>Уметь проводить самостоятельно научные и прикладные исследования в специальных областях механики _____</p>
__СПК-3__	<p>Уметь применять знания специализации в будущей профессиональной деятельности _____</p>

4. Формат обучения _____ лекции _____ (*отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с использованием электронного обучения и (или) дистанционных образовательных технологий*)

5. Объем дисциплины (модуля) составляет __5__ з.е., в том числе __72__ академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, __108__ академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1	4	2					2	2		2
Тема 2	4	2					2	2		2
Тема 3	4	2					2	2		2
Тема 4	4	2					2	2		2
Тема 5	4	2					2	2		2
Тема 6	4	2					2	2		2
Тема 7	4	2					2	2		2

Тема 8	4	2					2	2		2
Текущий контроль успеваемости	10					2	2	8		8
Тема 9	4	2					2	2		2
Тема 10	4	2					2	2		2
Тема 11	4	2					2	2		2
Тема 12	4	2					2	2		2
Тема 13	4	2					2	2		2
Тема 14	4	2					2	2		2
Тема 15	4	2					2	2		2
Тема 16	4	2					2	2		2
Текущий контроль успеваемости	10					2	2	8		8
Тема 17	4	2					2	2		2
Тема 18	4	2					2	2		2
Тема 19	4	2					2	2		2
Тема 20	4	2					2	2		2
Тема 21	4	2					2	2		2
Тема 22	4	2					2	2		2

Тема 23	4	2					2	2		2
Тема 24	4	2					2	2		2
Текущий контроль успеваемости	10					2	2	8		8
Тема 25	4	2					2	2		2
Тема 26	4	2					2	2		2
Тема 27	4	2					2	2		2
Тема 28	4	2					2	2		2
Тема 29	4	2					2	2		2
Тема 30	4	2					2	2		2
Тема 31	4	2					2	2		2
Тема 32	2						0	2		2
Промежуточная аттестация <u>Экзамен</u>	24					2	2	22		22
Итого	180	62				8	70	110		110

**Внимание! В таблице должно быть зафиксировано проведение текущего контроля успеваемости, который может быть реализован, например, в рамках занятий семинарского типа.*

*** Часы, отводимые на проведение промежуточной аттестации, выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося*

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Вопросы к коллоквиуму 1

1. Сфера применимости материалов курса (ракетно-космическая и авиационная техника, горное дело, экология, динамическая метеорология). Примеры.
2. Гипотеза сплошности. Понятие макроскопически малого объема. Понятия идеальной и вязкой жидкости. Интенсивные и экстенсивные параметры. Введение средних параметров. Скорости диффузии.
3. Закон изменения массы для многокомпонентной газовой смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Условие согласования. Вывод уравнений для подвижного и фиксированного объемов. Лагранжевы и Эйлеровы координаты.
4. Закон изменения количества движения в газах. Уравнения движения в интегральной и дифференциальной формах.
5. Уравнение изменения кинетической энергии (Теорема живых сил).
6. Закон энергии. Первое начало термодинамики. Уравнение изменения полной энергии в интегральной и дифференциальной форме для вязкого теплопроводного газа.
7. Необходимые сведения из термодинамики и кинетической теории газов (уравнение притока тепла, второе начало термодинамики, энтропия, энтальпия, удельные теплоемкости при постоянном давлении и объеме, модель совершенного газа, формула Майера, политропный газ, скорость звука, уравнение состояния газа при высоких температурах, определение коэффициентов вязкости и теплопроводности, длина свободного пробега).
8. Полная система уравнений неустановившегося движения вязкого теплопроводного газа в безразмерных переменных. Начальные и граничные условия. Физический смысл параметров подобия. Случаи, когда параметры подобия малы или велики. Течения с малыми дозвуковыми и большими сверхзвуковыми скоростями, с малыми и большими числами Рейнольдса.

Вопросы к коллоквиуму 2

1. Сфера применимости материалов курса (ракетно-космическая и авиационная техника, горное дело, экология, динамическая метеорология). Примеры.
2. Гипотеза сплошности. Понятие макроскопически малого объема. Понятия идеальной и вязкой жидкости. Интенсивные и экстенсивные параметры. Введение средних параметров. Скорости диффузии.
3. Закон изменения массы для многокомпонентной газовой смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Условие согласования. Вывод уравнений для подвижного и фиксированного объемов. Лагранжевы и Эйлеровы координаты.
4. Закон изменения количества движения в газах. Уравнения движения в интегральной и дифференциальной формах.
5. Уравнение изменения кинетической энергии (Теорема живых сил).
6. Закон энергии. Первое начало термодинамики. Уравнение изменения полной энергии в интегральной и дифференциальной форме для вязкого теплопроводного газа.
7. Необходимые сведения из термодинамики и кинетической теории газов (уравнение притока тепла, второе начало термодинамики, энтропия, энтальпия, удельные теплоемкости при постоянном давлении и объеме, модель совершенного газа, формула Майера, политропный газ, скорость звука, уравнение состояния газа при высоких температурах, определение коэффициентов вязкости и теплопроводности, длина свободного пробега).
8. Полная система уравнений неустановившегося движения вязкого теплопроводного газа в безразмерных переменных. Начальные и граничные условия. Физический смысл параметров подобия. Случаи, когда параметры подобия малы или велики. Течения с малыми дозвуковыми и большими сверхзвуковыми скоростями, с малыми и большими числами Рейнольдса.

Вопросы к коллоквиуму 3

1. Основы теории возмущений. Регулярные и нерегулярные возмущения. Внешние и внутренние разложения. Применение теории возмущений к уравнениям Навье-Стокса при больших числах Рейнольдса. Система уравнений для внешней области. Система уравнений для невязкого, нетеплопроводного газа. Вид системы для одномерных нестационарных течений и для стационарных трехмерных течений.
2. Система уравнений Навье-Стокса для внутренней области. Система уравнений пограничного слоя. Вывод уравнений пограничного слоя, данный Прандтлем. Условия срачивания. Граничные условия на поверхности невязкого, нетеплопроводного газа, условия

для внешней границы пограничного слоя. Сведения о теории взаимодействия пограничного слоя с внешним потоком как втором приближении теории возмущений.

3. Установившиеся движения невязкого, нетеплопроводного газа. Интеграл Бернулли. Число Маха. Максимальная и критическая скорости газа. Параметры торможения.
4. Трубки тока в установившемся течении, их форма при дозвуковом и сверхзвуковом режиме. Теория сопла Лаваля.
5. Движения с малыми возмущениями. Линеаризация уравнений нестационарного одномерного течения газа. Оператор Даламбера. Волновое уравнение и его решение.
6. Теория плоского крыла. Метод характеристик применительно к уравнениям одномерных нестационарных течений и уравнениям плоско-параллельных стационарных течений идеального нетеплопроводного газа. Характеристики, соотношения на характеристиках. Краевые задачи: задача Коши (с начальными данными), Гурса (с данными на характеристиках различных направлений), смешанная. Слабые разрывы.
7. Инварианты Римана. Точные решения для некоторых сред со специальными свойствами. Формула Адамара. Волны напряжений и деформаций в нелинейноупругих и пластических материалах.
8. Волны нагружения (Римана). Волна разгрузки. Критическая скорость удара. Условия зарождения ударной волны. Соотношения на ней.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

-
1. Сфера применимости материалов курса (ракетно-космическая и авиационная техника, горное дело, экология, динамическая метеорология). Примеры.
 2. Гипотеза сплошности. Понятие макроскопически малого объема. Понятия идеальной и вязкой жидкости. Интенсивные и экстенсивные параметры. Введение средних параметров. Скорости диффузии.
 3. Закон изменения массы для многокомпонентной газовой смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Условие согласования. Вывод уравнений для подвижного и фиксированного объемов. Лагранжевы и Эйлеровы координаты.

4. Закон изменения количества движения в газах. Уравнения движения в интегральной и дифференциальной формах.
5. Уравнение изменения кинетической энергии (Теорема живых сил).
6. Закон энергии. Первое начало термодинамики. Уравнение изменения полной энергии в интегральной и дифференциальной форме для вязкого теплопроводного газа.
7. Необходимые сведения из термодинамики и кинетической теории газов (уравнение притока тепла, второе начало термодинамики, энтропия, энтальпия, удельные теплоемкости при постоянном давлении и объеме, модель совершенного газа, формула Майера, политропный газ, скорость звука, уравнение состояния газа при высоких температурах, определение коэффициентов вязкости и теплопроводности, длина свободного пробега).
8. Полная система уравнений неустановившегося движения вязкого теплопроводного газа в безразмерных переменных. Начальные и граничные условия. Физический смысл параметров подобия. Случаи, когда параметры подобия малы или велики. Течения с малыми дозвуковыми и большими сверхзвуковыми скоростями, с малыми и большими числами Рейнольдса.
9. Сфера применимости материалов курса (ракетно-космическая и авиационная техника, горное дело, экология, динамическая метеорология). Примеры.
10. Гипотеза сплошности. Понятие макроскопически малого объема. Понятия идеальной и вязкой жидкости. Интенсивные и экстенсивные параметры. Введение средних параметров. Скорости диффузии.
11. Закон изменения массы для многокомпонентной газовой смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Условие согласования. Вывод уравнений для подвижного и фиксированного объемов. Лагранжевы и Эйлеровы координаты.
12. Закон изменения количества движения в газах. Уравнения движения в интегральной и дифференциальной формах.
13. Уравнение изменения кинетической энергии (Теорема живых сил).
14. Закон энергии. Первое начало термодинамики. Уравнение изменения полной энергии в интегральной и дифференциальной форме для вязкого теплопроводного газа.

15. Необходимые сведения из термодинамики и кинетической теории газов (уравнение притока тепла, второе начало термодинамики, энтропия, энтальпия, удельные теплоемкости при постоянном давлении и объеме, модель совершенного газа, формула Майера, политропный газ, скорость звука, уравнение состояния газа при высоких температурах, определение коэффициентов вязкости и теплопроводности, длина свободного пробега).
16. Полная система уравнений неустановившегося движения вязкого теплопроводного газа в безразмерных переменных. Начальные и граничные условия. Физический смысл параметров подобия. Случаи, когда параметры подобия малы или велики. Течения с малыми дозвуковыми и большими сверхзвуковыми скоростями, с малыми и большими числами Рейнольдса.
17. Основы теории возмущений. Регулярные и нерегулярные возмущения. Внешние и внутренние разложения. Применение теории возмущений к уравнениям Навье-Стокса при больших числах Рейнольдса. Система уравнений для внешней области. Система уравнений для невязкого, нетеплопроводного газа. Вид системы для одномерных нестационарных течений и для стационарных трехмерных течений.
18. Система уравнений Навье-Стокса для внутренней области. Система уравнений пограничного слоя. Вывод уравнений пограничного слоя, данный Прандтлем. Условия срачивания. Граничные условия на поверхности невязкого, нетеплопроводного газа, условия для внешней границы пограничного слоя. Сведения о теории взаимодействия пограничного слоя с внешним потоком как втором приближении теории возмущений.
19. Установившиеся движения невязкого, нетеплопроводного газа. Интеграл Бернулли. Число Маха. Максимальная и критическая скорости газа. Параметры торможения.
20. Трубки тока в установившемся течении, их форма при дозвуковом и сверхзвуковом режиме. Теория сопла Лавалья.
21. Движения с малыми возмущениями. Линеаризация уравнений нестационарного одномерного течения газа. Оператор Даламбера. Волновое уравнение и его решение.
22. Теория плоского крыла. Метод характеристик применительно к уравнениям одномерных нестационарных течений и уравнениям плоско-параллельных стационарных течений идеального нетеплопроводного газа. Характеристики, соотношения на характеристиках. Краевые задачи: задача Коши (с начальными данными), Гурса (с данными на характеристиках различных направлений), смешанная. Слабые разрывы.
23. Инварианты Римана. Точные решения для некоторых сред со специальными свойствами. Формула Адамара. Волны напряжений и деформаций в нелинейноупругих и пластических материалах.

24. Волны нагружения (Римана). Волна разгрузки. Критическая скорость удара. Условия зарождения ударной волны. Соотношения на ней.
25. Движение газа с малыми возмущениями.
26. Двумерное установившееся движение газа. Закон подобия Кармана.
27. Вывод уравнений течения пограничного слоя несжимаемой жидкости по Прандтлю. Граничные условия.
28. Вывод уравнений течения пограничного слоя несжимаемой жидкости по Мизесу. Граничные условия.
29. Вывод уравнений течения пограничного слоя несжимаемой жидкости в форме Мизеса. Граничные условия. Особенности решения случая обращения в нуль V_x внутри области решения.
30. Метод интегральных соотношений для метода пограничного слоя.
31. Уравнение пограничного слоя для сжимаемой жидкости (газа). Граничные условия.
32. Уравнение притока тепла в пограничном слое.
33. Пограничный слой в несжимаемой жидкости для плоской пластины. Автомодельность. Характер поведения V_y на бесконечности. Закон изменения коэффициента трения.
34. Автомодельность решения пограничного слоя при $V_x \sim x^n$. Особенности решения при $n < 0$ и при $-0,198 < \beta < 0$. Течение в пограничном слое с обратными токами.
35. Пограничный слой в газе. Преобразование Дородницына. Обтекание пластины.
36. Теплообмен на пластинке.
37. Понятие о взаимодействии пограничного слоя с внешним потоком. Определение контура, у которого внешний поток будет равномерным.
38. Нестационарный пограничный слой в газе. Использование переменных Дородницына для упрощения уравнений. Пограничный

слой на пластине за ударной волной. Его особенности при этом.

39. Пограничный слой на пластине, обтекаемой диссоциированным воздухом (использование переменных Дородница при этом).

40. Полуэмпирическая теория турбулентности. Задача о смешении струи. Образование течения с развитой зоной отрыва при $M_\infty > 1$, около пластины переходящей в клин.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
РО и соответствующие виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: устные и письменные опросы и контрольные работы, тесты, и т.п.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

практике, отчет по НИР и т.п.)				
-----------------------------------	--	--	--	--

8. Ресурсное обеспечение:

1. Зверев И.Н. Смирнов Н.Н. «Газодинамика горения»
2. Седов Л.И. «Механика сплошной среды»
3. Седов Л.И. «Методы размерности и подобия в механике»
4. Кочин Н.Е. Кибель И.А. Розе Н.В. «Теоретическая гидромеханика»
5. Рахматулин Х.А. Демьянов Ю.А. «Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках»
6. Найфе А.Х «Методы возмущений»
7. Черный Г.Г. «Газовая динамика»
8. Рахматулин Х.А. Сагомоян А.Я., Бунимович А.И., Зверев И.Н. «Газовая динамика»

•
9. Язык преподавания.

Русский

10. Преподаватель (преподаватели).

Малашин А.А., Демьянов Ю.А.

11. Автор (авторы) программы.

Малашин А.А., Демьянов Ю.А.