

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):

Распространение волн в жидких средах

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 _____ 2017 _____

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) Виды контактной работы, часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы <i>(виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)</i>
		Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	Всего	
1. Понятие волны, волнового процесса. Понятия фазовой скорости, длины, частоты, периода волны, волнового числа и волнового вектора. Понятие плоских, цилиндрических и сферических волн. Вывод балансовым методом системы уравнений для описания нестационарного течения невязкого нетеплопроводного газа в канале переменного сечения в одномерном приближении.	3	1		1	2
2. Преобразование системы уравнений квазиодномерной газовой динамики к виду удобному для линеаризации. Процедура преобразования уравнения энергии в уравнение изменения энтропии. Введение скорости звука и форма записи системы уравнений для гомоэнтропических течений. Построение для модели термически и калорически совершенного газа уравнения состояния.	3	1		1	2

3. <i>Линеаризация квазиодномерной системы уравнений газовой динамики для течения в канале с неподвижными стенками термически и калорически совершенного газа. Свойства решений линейных систем дифференциальных уравнений. Преобразование линеаризованной системы уравнений для случая, когда основное невозмущенное движение газа – состояние покоя. Вывод волновых уравнений для скорости, давления, плотности газа. Введение потенциала скорости и получение для него волнового уравнения.</i>	6	2		2	4
4. <i>Построение общего решения волнового уравнения для случая плоских и сферических волн. Постановка и решение задачи Коши для волнового уравнения в плоском случае. Физическая интерпретация решения задачи Коши для плоского случая. Понятие устойчивости решения.</i>	6	2	2 <i>Решение задачи Коши для волнового уравнения в плоском случае с ненулевым начальным возмущением и нулевой начальной скоростью.</i>	4	2 (контрольная работа)
5. <i>Задача Коши для волнового уравнения на полуограниченной прямой. Метод продолжений. Постановка и решение первой и второй краевых задачи.</i>	4	2		2	2
6. <i>Интегральные формы записи основных законов сохранения. Вывод интегральной формы записи квазиодномерной системы уравнений газовой динамики.</i>	4	2		2	2
7. <i>Линеаризация интегральной системы уравнений квазиодномерной газовой динамики для случая когда основное невозмущенное движение газа – состояние покоя. Вывод условий на сильном разрыве из линеаризованной интегральной системы уравнений.</i>	4	2	6	2	2

8. Постановка и решение интегрального аналога задачи Коши для волнового уравнения на неограниченной прямой. Постановка и решение интегрального аналога первой краевой задачи для волнового уравнения на полугораниченной прямой .	6	2		2	4
9. Определение характеристик как линий распространения разрывов производных решений интегрального аналога волнового уравнения (линии слабого разрыва). Получение кинематических и динамических условий на слабом разрыве.	6	2		2	4
10. Определение характеристик как линий слабого разрыва искомым функций исходной линеаризованной системы уравнений квазиодномерной газовой динамики.	6	2		2	4
11. Доказательство утверждения о том, что характеристики семейств – это линии в фазовой плоскости, при постановке начальных условий на которых задача Коши как для волнового уравнения, так и для исходной линейной системы уравнений газовой динамики имеет неединственное решение. Условия направлений и условия совместности на характеристиках.	4	2		2	2
12. Основы метода и-р диаграмм. Решение методом и-р диаграмм задачи о распаде произвольного разрыва в покоящемся газе.	6	2		2	4
13. Инварианты Римана для линеаризованной системы уравнений одномерной газовой динамики для случая плоской симметрии.	6	2	2 Решение задачи Коши для линеаризованной системы уравнений одномерной газовой динамики при помощи инвариантов Римана.	4	2 (контрольная работа)

14. Решение задач о распаде произвольного разрыва в покоящемся газе для случая плоских волн методом инвариантов Римана.	6	2		2	4
15. Решение задачи об отражении акустической ударной волны от жесткой стенки для случая плоских волн методом и-р диаграмм.	6	2	1 Решение задачи о поршне в акустической постановке методом и-р диаграмм.	4	2 (контрольная работа)
16. Решение задачи о распространение сигнала от точечного источника для случая плоских волн. Задача о распространении акустических возмущений в газе от движущегося точечного источника.	6	2		2	4
Промежуточная аттестация _____ зачет _____ (указывается форма проведения)					12 (количество часов, ** отведенных на промежуточную аттестацию)
Итого:	94	36			58
17. Течение многокомпонентных смесей. Уравнения конвективной диффузии. Пример задачи о распространении загрязнений в потоке	4	2		2	2
18. Полная система уравнений неустановившегося движения вязкого теплопроводного газа. Система уравнений и граничные условия в случае идеального нетеплопроводного сжимаемого газа.	4	2		2	2

19. Классификация систем квазилинейных уравнений с частными производными. Приводимые системы. Сведение нелинейных задач к задачам, описываемым линейными системами уравнений. Преобразование граничных условий в задачах обтекания профиля и истечения сжимаемой струи в область пониженного давления. «Закон подлости».	4	2		2	2
20. Гиперболические системы уравнений в частных производных. Задача Коши. Метод характеристик.	4	2		2	2
21. Задача с начальными и граничными условиями. Количество выставляемых на границе условий в зависимости от количества приходящих на границу характеристик. Решение задачи Гурса в характеристическом четырехугольнике.	6	4		4	2
22. Слабые разрывы. Теорема о распространении слабых разрывов по характеристикам. Характеристики как линии, через которые решение может быть продолжено неоднозначно.	6	2		2	4

23. Уравнения одномерного неустановившегося движения сжимаемой двухпараметрической среды и их характеристическая форма.	6	2		2	4
24. Одноэнтропическое плоское неустановившееся течение. Отображение физической плоскости в плоскость годографа. «Потерянные» решения. Инварианты Римана.	3			2	1
25. Решение простой волны. Свойства простых волн в нормальном газе. Градиентная катастрофа.	3			2	1
26. Решение задачи о поршне, движущемся в трубе с положительной и отрицательной скоростью. Теорема О.А.Олейник.	4			2	2
27. Автомодельные задачи о распространении ударных волн и волн разрежения при движении поршня	4			2	2
28. Поверхности сильного разрыва в совершенном газе. Адиабата Гюгонио. Аналитический метод решения задач о взаимодействии волн.	4			2	2
29. Распад произвольного разрыва в совершенном газе. Задача Римана.	4			2	2
30. Взаимодействия ударных волн и волн разрежения, идущих навстречу друг другу, а также идущих в одном направлении.	4			2	2

31. Взаимодействия ударных волн и волн разрежения с различными типами контактных поверхностей. Преломленные и отраженные волны.	4			2	2
32. Понятие о волнах с энерговыведением на фронте. Детонация и горение. Процессы Чепмена – Жуге. Степень определенности течений, содержащих фронт реакции.	4			2	2
33. Автомодельные течения, содержащие фронт детонации, дефлаграции, ударные волны, волны разрежения и контактные поверхности.	6	2		2	4

<i>Итоговая аттестация _____ экзамен _____ (указывается форма проведения)</i>					<i>12 (количество часов, ** отведенных на промежуточную аттестацию)</i>
Итого	<i>180</i>	<i>72</i>			<i>108</i>

**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.

Решение задач: _____

1. Задача Коши для волнового уравнения в плоском случае (с ненулевым начальным возмущением и нулевой начальной скоростью).
2. Первая и вторая краевая задачи.
3. Решение задач о распаде произвольного разрыва в покоящемся газе для случая плоских волн методом инвариантов Римана и u-p диаграмм.
4. Решение задачи об отражении акустической ударной волны от жесткой стенки для случая плоских волн методом u-p диаграмм.
5. Задача о поршне в акустической постановке.
6. Задача о поршне в нелинейной постановке для случаев положительной и отрицательной скорости.
7. Многокомпонентные среды. Плотности, концентрации, скорости фаз. Скорость диффузии компонентов.
8. Решение задачи распространения примеси вверх и вниз по течению от заданного источника.
9. Динамика системы переменной массы. Задача Мещерского.

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

Вопросы к зачету: _____

1. Понятие волны, волнового процесса. Понятия фазовой скорости, длины, частоты, периода волны, волнового числа и волнового вектора. Понятие плоских, цилиндрических и сферических волн.
2. Вывод балансовым методом системы уравнений для описания нестационарного течения вязкого нетеплопроводного газа в канале переменного сечения в одномерном приближении.
3. Преобразование системы уравнений квазиодномерной газовой динамики к виду удобному для линеаризации.
4. Линеаризация квазиодномерной системы уравнений газовой динамики для течения в канале с неподвижными стенками термически и калорически совершенного газа. Преобразование линеаризованной системы уравнений для случая, когда основное невозмущенное движение газа – состояние покоя.
5. Вывод волновых уравнений для скорости, давления, плотности газа. Введение потенциала скорости и получение для него волнового уравнения.
6. Построение общего решения волнового уравнения для случая плоских и сферических волн.
7. Постановка и решение задачи Коши для волнового уравнения в плоском случае.
8. Задача Коши для волнового уравнения на полуограниченной прямой. Метод продолжений. Постановка и решение первой и второй краевых задачи.
9. Интегральные формы записи основных законов сохранения. Вывод интегральной формы записи квазиодномерной системы уравнений газовой динамики.

10. Линеаризация интегральной системы уравнений квазиодномерной газовой динамики для случая когда основное невозмущенное движение газа – состояние покоя.
11. Вывод условий на сильном разрыве из линеаризованной интегральной системы уравнений.
12. Постановка и решение интегрального аналога задачи Коши для волнового уравнения на неограниченной прямой. Постановка и решение интегрального аналога первой краевой задачи для волнового уравнения на полуограниченной прямой .
13. Определение характеристик как линий распространения разрывов производных решений интегрального аналога волнового уравнения (линии слабого разрыва). Получение кинематических и динамических условий на слабом разрыве.
14. Определение характеристик как линий слабого разрыва искомых функций исходной линеаризованной системы уравнений квазиодномерной газовой динамики.
15. Доказательство утверждения о том, что характеристики семейств – это линии в фазовой плоскости, при постановке начальных условий на которых задача Коши как для волнового уравнения, так и для исходной линейной системы уравнений газовой динамики имеет неединственное решение. Условия направлений и условия совместности на характеристиках.
16. Основы метода u-r диаграмм. Решение методом u-r диаграмм задачи о распаде произвольного разрыва в покоящемся газе.
17. Инварианты Римана для линеаризованной системы уравнений одномерной газовой динамики для случая плоской симметрии. Решение задачи Коши для линеаризованной системы уравнений одномерной газовой динамики при помощи инвариантов Римана.

Вопросы к экзамену:

18. Классификация систем квазилинейных уравнений с частными производными.
19. Приводимые системы. Сведение нелинейных задач к задачам, описываемым линейными системами уравнений.
20. Преобразование граничных условий в задачах обтекания профиля и истечения сжимаемой струи в область пониженного давления. «Закон подлости».
21. Задача Коши. Метод характеристик. Задача Гурса.
22. Задача с начальными и граничными условиями. (Смешанная задача)
23. Временно-подобные и пространственно-подобные направления. Количество граничных условий, выставляемых на временно-подобных и пространственно-подобных кривых.
24. Слабые разрывы. Распространение по характеристикам.
25. Уравнения одномерного неустановившегося движения сжимаемой двухпараметрической среды и их характеристическая форма.
26. Одноэнтропическое плоское неустановившееся течение. Отображение физической плоскости в плоскость годографа. «Потерянные» решения.
27. Инварианты Римана.
28. Решение простой волны. Свойства простых волн в нормальном газе. Градиентная катастрофа.
29. Решение задачи о поршне, движущемся в трубе с положительной и отрицательной скоростью. Теорема О.А.Олейник.
30. Поверхности сильного разрыва в совершенном газе. Адиабата Гюгонио.
31. Аналитический метод решения задач о взаимодействии волн.

32. Лемма о том, что из одной точки в одну сторону может выйти только одна волна.
 33. Встречные и догонные взаимодействия ударных волн и волн разрежения.
 34. Взаимодействия ударных волн с контактными разрывами.
 35. Взаимодействия волн разрежения с контактными разрывами.
 36. Распад произвольного разрыва в совершенном газе. Задача Римана. Задача о сильном взрыве.

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 практике, отчет по НИР и т.п.)	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

8. Ресурсное обеспечение:

- Зверев И. Н., Смирнов Н.Н. Газодинамика горения. М., Изд-во Московского Университета, 1987г. – 307 с.
- В.Р. Душин, М.Н. Смирнова, В.В. Тюренкова, Распространение волн в сплошных средах. Часть 1. ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН Москва, 2016. 104 с.
- Сагомоян А. Я. Волны напряжения в сплошных средах. Учебное пособие.– М., Изд-во Московского Университета, 1985г. – 415 с.
- Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. – М., Изд-во «Мир», 1977 г., 622 с.
- Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М., Изд-во «Московского Университета» и «Наука», 7-е издание, 2004 г., 798 с.
- Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. – Москва-Ижевск, Изд-во АНО «Институт компьютерных исследований», 2-е издание, 2003 г., 336 с.
- Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений. – М., Изд-во «Наука», 1978 г., 2-е издание, 687 с.

9. Язык преподавания.

Русский

10. Преподаватель (преподаватели).

Смирнова М.Н., Смирнов Н.Н.

11. Автор (авторы) программы.

Смирнова М.Н., Смирнов Н.Н., Душин В.Р., Тюренкова В.В.