

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):**

**Механика многофазных сред**

---

*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 \_\_ 2015, 2016, 2017 \_\_\_\_\_

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО (*относится к вариативной части ОПОП ВО*).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): \_\_\_\_\_  
*освоение дисциплины «механика сплошных сред, дифференциальные уравнения, линейная алгебра»*
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с компетенциями
ПК-1	<p><b>Знать:</b> <i>основные закономерности механики многофазных сред</i></p> <p><b>Уметь</b> <i>использовать методы математического моделирования</i> _____</p> <p><b>Владеть:</b> <i>современными методами исследования</i> _____</p>
ОПК-3	<p><b>Уметь</b> <i>формулировать математическую постановку задачи</i> _____</p> <p><b>Иметь опыт</b> <i>решения задач</i> _____</p>
УК-1	<p><b>Уметь выделять</b> <i>основные определяющие закономерности</i> _____</p> <p><b>Владеть</b> <i>современными методами математического моделирования</i> _____</p>

4. Формат обучения : **лекции читаются устно.**
5. Объем дисциплины (модуля) составляет 72 з.е., в том числе 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 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	
Тема _1. Закон изменения массы фаз в смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Вывод уравнений для подвижного объема.	4	2	0	2	2
Тема _2. Закон изменения количества движения для многофазных систем. Закон изменения энергии для многофазных систем.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _3. Диффузионное приближение для гомогенных смесей.	4	1.75	0.25	2	2

Тема _4. Особенности математического описания гетерогенных смесей.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _5. Межфазный обмен импульсом и энергией.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _6. Термодинамические уравнения состояния фаз.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _7. Схема силового взаимодействия и совместного деформирования фаз.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _8. Работа внутренних сил.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _9. Система уравнений движения N –фазной смеси вязких сжимаемых фаз с общим давлением.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _10. Условия сохранения потоков массы, импульса и энергии на поверхностях разрывов.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _11. Диссипативная функция и производство энтропии в двухфазной среде с фазовыми переходами.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _12. Линейные феноменологические соотношения между термодинамическими силами и потоками.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _13. Обобщенное решение дивергентного уравнения.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _14. Условия на линии разрыва решения.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _15. Характеристики и гиперболичность двухфазной двухскоростной среды с сжимаемыми фазами.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _16. Модель дрейфа.	4	1.75	0.25	2	2
Тема _17. Инварианты Римана для нелинейной системы уравнений, описывающих двухскоростное течение.	4	1.75	0.25	2	2
Консультация к экзамену	4	1.75	0.25	2	0
Промежуточная аттестация _____ (коллоквиум)	2				2 <i>(количество часов, ** отведенных на промежуточную аттестацию)</i>
<b>Итого</b>	72	36			36

*\*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)  
Примерные вопросы к экзамену.

1. Закон изменения массы фаз в смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Вывод уравнений для подвижного объема.
2. Закон изменения количества движения для многофазных систем.
3. Закон изменения энергии для многофазных систем.
4. Диффузионное приближение для гомогенных смесей.
5. Особенности математического описания гетерогенных смесей.
6. Межфазный обмен импульсом и энергией.
7. Термодинамические уравнения состояния фаз.
8. Схема силового взаимодействия и совместного деформирования фаз.
9. Работа внутренних сил.
10. Система уравнений движения  $N$ -фазной смеси вязких сжимаемых фаз с общим давлением.
11. Условия сохранения потоков массы, импульса и энергии на поверхностях разрывов.
12. Диссипативная функция и производство энтропии в двухфазной среде с фазовыми переходами.
13. Линейные феноменологические соотношения между термодинамическими силами и потоками.
14. Обобщенное решение дивергентного уравнения.
15. Условия на линии разрыва решения.
16. Характеристики и гиперболичность двухфазной двухскоростной среды с сжимаемыми фазами.
17. Модель дрейфа.
18. Инварианты Римана для нелинейной системы уравнений, описывающих двухскоростное течение.

Примеры задач к экзамену.

По модели дрейфа определить  $\alpha_1$  на границе при  $V_v = 0,1$  м/сек;  
 $V_{12} = -0,1$  м/сек;  $\alpha_{1-} = 0,4$ ;  $\alpha_{1+} = 0,1$

Вывести инварианты Римана

$$\frac{\partial}{\partial t} \alpha + (\alpha + V) \frac{\partial}{\partial x} \alpha + V \frac{\partial}{\partial x} V = 0$$
$$\frac{\partial}{\partial t} V - \alpha \frac{\partial}{\partial x} \alpha = 0$$

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

\_\_\_ Промежуточная аттестация проводится в форме коллоквиума по вопросам теории на который выносятся первые 8 вопросов к экзамену.

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

\_\_\_ Текущий контроль успеваемости осуществляется по вопросам к экзамену, которые пройдены к текущему моменту времени и соответствующим задачам. \_\_\_\_\_

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)</b>
-------------------------------------------------------------------------------------



Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
<b>Знания</b> (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
<b>Умения</b> (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 не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (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:

- Перечень основной и дополнительной литературы,

Основная литература:

1. Нигматулин Р.И. «Динамика многофазных сред» часть 1,2 М: Наук физ.-мат. лит. 1987.

2. Крошилин А.Е., Крошилин В.Е. «Корректное численное моделирование двухфазного теплоносителя» Теплоэнергетика 2016 №2.

Дополнительная литература:

1. Куликовский А.Г., Свешникова Е.И., Чугайнова А.П. Математические методы изучения разрывных решений нелинейных гиперболических систем уравнений // Лекционные курсы НОЦ. Тр. Математического института им. В.А. Стеклова РАН. М., 2010 Вып. 16.

(Вся литература есть у преподавателя в электронном виде)

9. Язык преподавания. Русский

10. Преподаватель. Крошилин В.Е.

11. Автор программы. Крошилин В.Е.