

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 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Спец. Семинар «Научно-исследовательский семинар (НИС) по многофазным средам»

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: НИР

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 _____

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО (относится к базовой или вариативной части ОПОП ВО, или является факультативом). Вариативная часть профессионального цикла при получении специализации «Газовая и волновая динамика».
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__	Уметь решать задачи специализации _____ Владеть: специальными разделами фундаментальной механики, методами анализа, а именно: _____ 1) знать основные понятия, определения и свойства объектов исследования, основные термодинамические соотношения для многокомпонентных систем; 2) Знать основы тепловой и диффузионной моделей горения 4) знать классификацию волн детонации и дефлаграции в метастабильных средах, уметь решать задачи о движении течения газа при наличии в области волн дефлаграции или детонации.
__СПК-2__	Уметь проводить самостоятельно научные и прикладные исследования в специальных областях механики _____
__СПК-3__	Уметь применять знания специализации в будущей профессиональной деятельности _____

4. Формат обучения _____ семинарские занятия, самостоятельная работа (отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с использованием электронного обучения и (или) дистанционных образовательных технологий)
5. Объем дисциплины (модуля) составляет __2__ 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	
1. Понятие гомогенных и гетерогенных систем. Химически однородные компоненты. Фазы. Агрегатные состояния.	2		1	1	1
2. Гипотеза сплошности. Понятие макроскопически малого объема. Интенсивные и экстенсивные параметры. Введение средних параметров. Скорости диффузии.	2		1	1	1
3. Химические реакции и фазовые переходы. Термодинамические условия равновесия для адиабатических, изотермических и изотермически изобарических систем.	2		1	1	1
4. Условия равновесия фаз. Правило фаз. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.	2		1	1	1
5. Равновесные фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Теплота фазового перехода.	2		1	1	1

6. Неравновесные фазовые переходы. Модель Герца-Кнудсена.	2		1	1	1
7. Особые свойства поверхностной фазы. Поверхностное натяжение. Неаддитивность термодинамических функций по массе. Аддитивность по фазе.	2		1	1	1

8. Условия сохранения потоков массы, импульса и энергии на поверхностях разрывов в многокомпонентных средах.	2		1	1	1
9. Граничные условия сохранения потоков массы, импульса и энергии на поверхностях раздела фаз в многокомпонентных средах.	2		1	1	1
10. Рождение энтропии на поверхности разрыва. Типы разрывов. Контактные разрывы. Перетекание массы через поверхность разрыва.	2		1	1	1
11. Теорема о дифференцировании интеграла, взятого по подвижному объему в многокомпонентных средах (Теорема переноса).	2		1	1	1
12. Закон изменения массы для компонентов и фаз в смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Условие согласования. Вывод уравнений для подвижного и фиксированного объемов.	2		1	1	1
13. Закон изменения количества движения для многокомпонентных и многофазных систем. Макроскопические и микроскопические вязкие напряжения в многофазных средах. Условия равновесия для многокомпонентных и для многофазных сред.	2		1	1	1

14. Уравнение изменения полной энергии для гомогенной многокомпонентной смеси. Уравнение притока тепла. Изменение энтропии в многокомпонентной смеси. Соотношение Гиббса.	2		1	1	1
15. Уравнения изменения энергии фаз в гетерогенной системе.	2		1	1	1
16. О замыкании задач механики многофазных сред. Определение межфазных взаимодействий из решений локальных задач. Начальные и граничные условия.	2		1	1	1
Промежуточная аттестация устный доклад____ (указывается форма проведения)					6 (количество часов,** отведенных на промежуточную аттестацию)
17. Фильтрация жидкости в пористой среде. Уравнения Дарси. Влияние капиллярных сил.	2		1	1	1
18. Основные понятия теории фильтрации: пористая среда, пористость, просветность, скорость фильтрации, проницаемость. Закон Дарси. Простейшие модели пористых сред.	2		1	1	1

19. Фильтрация смесей нескольких жидкостей, учёт капиллярных эффектов, капиллярное давление, функция Леверетта, влияние типа смачиваемости на процесс вытеснения.	2		1	1	1
---	---	--	---	---	---

20. Неустойчивость, возникающая при вытеснении вязкой жидкости из пористой среды, механизм возникновения неустойчивости, факторы влияющие на развитие неустойчивости.	2		1	1	1
21. Решение задач: прямолинейно-параллельное фильтрационное течение, плоскордиальное фильтрационное течение, поршневое вытеснение.	2		1	1	1
22. Основы численного моделирования фильтрационных процессов, двумерная программа моделирующая вытеснение вязкой жидкости из пористой среды, описание работы с программой.	2		1	1	1

23. Исследование влияния отношения вязкостей на процесс вытеснения: практическая работа с программой	4		2	2	2
24. Исследование влияния числа Пекле на процесс вытеснения: практическая работа с программой.	4		2	2	2
25. Исследование зависимости коэффициента извлечения нефти от параметров контролирующих капиллярные эффекты.	4		2	2	2
26. Эксперименты по вытеснению модели нефти из образца керна на установке ПЛАСТ-АТМ10.	4		2	2	2
27. Численный расчёт процессов вытеснения с параметрами соответствующими эксперименту, подбор параметров, отвечающих за капиллярные эффекты, сравнение результатов с экспериментальными данными: практическая работа с программой.	4		2	2	2
28. Введение безразмерного параметра, характеризующего сморщенность поверхности раздела фаз при неустойчивом вытеснении.	4		2	2	2
29. Модели жидкостей с пузырьками газа и пара. Динамика одиночного пузырька, уравнения Рэлея-Ламба. Роль силы присоединенных масс при описании динамики пузырьков жидкостей.	2		1	1	1
30. Волны вскипания в перегретых жидкостях. Аналогия с волнами горения.	2		1	1	1

<i>Итоговая аттестация Защита курсовой работы__ (указывается форма проведения)</i>			6
Итого	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)

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

Решение задач:

1. Понятие гомогенных и гетерогенных систем. Химически однородные компоненты. Фазы. Агрегатные состояния.
2. Гипотеза сплошности. Понятие макроскопически малого объема. Интенсивные и экстенсивные параметры. Введение средних параметров. Скорости диффузии.
3. Химические реакции и фазовые переходы. Термодинамические условия равновесия для адиабатических, изотермических и изотермически изобарических систем.
4. Условия равновесия фаз. Правило фаз. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.
5. Равновесные фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Теплота фазового перехода.
6. Неравновесные фазовые переходы. Модель Герца-Кнудсена.
7. Особые свойства поверхностной фазы. Поверхностное натяжение. Неаддитивность термодинамических функций по массе. Аддитивность по фазе.
8. Условия сохранения потоков массы, импульса и энергии на поверхностях разрывов в многокомпонентных средах.
9. Рождение энтропии на поверхности разрыва. Типы разрывов. Контактные разрывы. Перетекание массы через поверхность разрыва.
10. Теорема о дифференцировании интеграла, взятого по подвижному объему в многокомпонентных средах (Теорема переноса).
11. Закон изменения массы для компонентов и фаз в смеси. Уравнение неразрывности для смеси в целом. Условие согласования. Вывод уравнений для подвижного и фиксированного объемов.
12. Закон изменения количества движения для многокомпонентных и многофазных систем. Макроскопические и микроскопические вязкие напряжения в многофазных средах. Условия равновесия для многокомпонентных и для многофазных сред.
13. Уравнение изменения полной энергии для гомогенной многокомпонентной смеси. Уравнение притока тепла. Изменение энтропии в многокомпонентной смеси. Соотношение Гиббса.
14. Уравнения изменения энергии фаз в гетерогенной системе.
15. О замыкании задач механики многофазных сред. Определение межфазных взаимодействий из решений локальных задач. Начальные и граничные условия.
16. Испарение одиночной капли в смеси газов как пример простейшей локальной задачи определения источников членов в уравнениях динамики многофазных сред.
17. Горение одиночной частицы в атмосфере окислителя в газофазном и гетерогенном режиме.
18. Фильтрация жидкости в пористой среде. Уравнения Дарси. Влияние капиллярных сил.
19. Модели жидкостей с пузырьками газа и пара. Динамика одиночного пузырька, уравнения Рэлея-Ламба. Роль силы присоединенных масс при описании динамики пузырьков жидкостей.
20. Волны вскипания в перегретых жидкостях. Аналогия с волнами горения.

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

Вопросы к зачету: _____

1. Фильтрация смесей нескольких жидкостей, учёт капиллярных эффектов, капиллярное давление, функция Леверетта, влияние типа смачиваемости на процесс вытеснения.
2. Неустойчивость, возникающая при вытеснении вязкой жидкости из пористой среды, механизм возникновения неустойчивости, факторы влияющие на развитие неустойчивости. Типичные взаимодействия ударных волн и волн разрежения.
3. Решение задач: прямолинейно-параллельное фильтрационное течение, плоскордиальное фильтрационное течение, поршневое вытеснение.
4. Основы численного моделирования фильтрационных процессов, двумерная программа моделирующая вытеснение вязкой жидкости из пористой среды
5. Исследование влияния отношения вязкостей на процесс вытеснения.
6. Исследование влияния числа Пекле на процесс вытеснения.
7. Численный расчёт процессов вытеснения с параметрами соответствующими эксперименту, подбор параметров, отвечающих за капиллярные эффекты, сравнение результатов с экспериментальными данными.
8. Введение безразмерного параметра, характеризующего извилистость и неоднородность поверхности раздела фаз при неустойчивом вытеснении.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
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,	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает	Успешное и систематическое умение

написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)			неточности непринципиального характера)	
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.
- Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. В 2-х томах. М. Изд-во Наука. 1987 г.
- Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. М.: Недра, 1972. 288 с.
- Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1993. 416 с.
- Дмитриев Н.М., Кадет В.В. Подземная гидромеханика. Пособие для семинарских занятий. М.: Интерконтакт Наука, 2008, 174 с.
- Акулич А.Н., Смирнов Н.Н., Тюренкова В.В., Лапко В.А., Галкин В.А. Математическое моделирование распространения трещины гидроразрыва. Сургут, Изд. Центр СурГУ, 2016.
- 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).

Скрылева Е.И., Логвинов О.А., Смирнов Н.Н.,

11. Автор (авторы) программы.

Скрылева Е.И., Логвинов О.А., Смирнов Н.Н.,