

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзаринов Р.Г.

_____ " _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Динамика межфазных границ М1.ДВ.1

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Алимов М.М. , Маклаков Д.В.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г.

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

Казань
2015

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) инженер-проектировщик Алимов М.М. НИЦ НИИММ им.Н.Г.Чеботарева Институт математики и механики им.Н.И.Лобачевского , Mars.Alimov@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Маклаков Д.В. Кафедра аэрогидромеханики отделение механики , Dmitri.Maklakov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Изучить современные подходы к анализу процессов тепломассопереноса с подвижными межфазными границами. Подробно изучаются двухфазные течения Хеле-Шоу, как аналоговая модель сложных природных и технологических процессов с эволюционирующей свободной границей. Анализируется неустойчивость Саффмана-Тейлора. Обсуждаются вопросы численного анализа динамических задач с неустойчивой межфазной границей.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.1 Общенаучный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Дисциплина входит в вариативную часть профессионального цикла Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные обучающимися в процессе введения в профильную подготовку "Механика жидкости, газа и плазмы".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом
ПК-1 (профессиональные компетенции)	владение методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владение методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности
ПК-8 (профессиональные компетенции)	умение публично представить собственные новые научные результаты
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках
ПК-12 (профессиональные компетенции)	способность к определению общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

обладать теоретическими знаниями об особенностях моделирования многофазных процессов с эволюционирующей межфазной границей.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

ориентироваться в специальной литературе посвященной вопросам неустойчивости межфазных границ.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

приобрести навыки постановки, качественного и численного анализа динамических задач с эволюционирующей межфазной границей.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 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. Течения Хеле-Шоу как модель природных и технологических процессов с эволюционирующей межфазной границей	1	1	2	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Формулировка краевой задачи Хеле-Шоу.	1	2	2	2	0	устный опрос
3.	Тема 3. Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу.	1	3	2	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Анализ устойчивости течений Хеле-Шоу без учета капиллярных сил.	1	4-5	0	4	0	устный опрос
5.	Тема 5. Анализ устойчивости поршневого вытеснения жидкости в канале с учетом капиллярных сил.	1	6	2	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Применение методов теории функции комплексного переменного	1	7-8	0	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Метод двух потенциалов.	1	9	2	0	0	устный опрос
8.	Тема 8. Учет гравитационных сил в течениях Хеле-Шоу.	1	10-11	0	2	0	контрольная работа
9.	Тема 9. Численно-аналитический метод решения стационарных задач Хеле-Шоу с капиллярным граничным условием на свободной границе.	1	12	2	0	0	устный опрос
10.	Тема 10. Нестационарные задачи Хеле-Шоу	1	13-14	0	2	0	устный опрос
11.	Тема 11. Анализ эволюционного граничного уравнения Полубариновой-Галина.	1	15	0	2	0	устный опрос
12.	Тема 12. Метод функции Шварца конструирования точных решений нестационарной идеализированной задачи Хеле-Шоу.	1	16	0	2	0	устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			12	16	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Течения Хеле-Шоу как модель природных и технологических процессов с эволюционирующей межфазной границей

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лекция 1. Течения Хеле-Шоу как модель природных и технологических процессов с эволюционирующей межфазной границей. Исторический обзор. Примеры природных и технологических процессов, охватываемых моделью двухфазных течений Хеле-Шоу. Вывод определяющих уравнений модели.

Тема 2. Формулировка краевой задачи Хеле-Шоу.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лекция 2. Формулировка краевой задаче Хеле-Шоу. Понятие об односторонней и двусторонней задаче

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое занятие 1. Вывод кинематического и динамического граничного условия на межфазной границе. Учет поверхностного натяжения.

Тема 3. Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лекция 3. Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу. Различные формы кинематического граничного условия на межфазной границе. Анализ размерностей: выбор характерных параметров и безразмерная постановка задачи. Обзор различных форм кинематического граничного условия. Решения типа бегущей волны для стационарных течений Хеле-Шоу.

Тема 4. Анализ устойчивости течений Хеле-Шоу без учета капиллярных сил.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Практическое занятие 2. Поршневое вытеснение жидкости в лотке Хеле-Шоу типа канала. Анализ устойчивости без учета капиллярных сил. Практическое занятие 3. Неустойчивость Сэффмена-Тэйлора. Строгое определение морфологической устойчивости течения Хеле-Шоу. Линейный анализ устойчивости без учета капиллярных сил.

Тема 5. Анализ устойчивости поршневого вытеснения жидкости в канале с учетом капиллярных сил.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лекция 4. Влияние капиллярных сил на устойчивость поршневого вытеснения жидкости в канале. Сведение линейного анализа устойчивости к спектральной задаче. Анализ устойчивости поршневого вытеснения жидкости в канале с учетом капиллярных сил.

Тема 6. Применение методов теории функции комплексного переменного

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое занятие 4. Применение методов теории функции комплексного переменного. Стационарные течения Хеле-Шоу. Комплексные потенциалы и комплекснозначные аналоги скорости, годограф скорости. Решение Сэффмена-Тэйлора идеализированной задачи о стационарном симметричном пальце в канале Хеле-Шоу

Тема 7. Метод двух потенциалов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лекция 5. Метод двух потенциалов. Общая схема сведения задачи к восстановлению вида потенциалов двух течений. Применение метода к идеализированной задаче о стационарном несимметричном пальце в канале Хеле-Шоу..

Тема 8. Учет гравитационных сил в течениях Хеле-Шоу.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое занятие 5. Учет гравитационных сил в течениях Хеле-Шоу. Постановка нестационарной и стационарной задачи Хеле-Шоу с учетом сил гравитации. Сведение стационарной задачи к случаю отсутствия сил гравитации.

Тема 9. Численно-аналитический метод решения стационарных задач Хеле-Шоу с капиллярным граничным условием на свободной границе.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лекция 6. Численно-аналитический метод решения стационарных задач Хеле-Шоу с капиллярным граничным условием на свободной границе. Схема расщепления задачи на аналитическую и численную. Вывод формулы кривизны свободной границы как нелинейного дифференциального оператора 2-го порядка относительно отображающей функции.

Тема 10. Нестационарные задачи Хеле-Шоу

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое занятие 6. Нестационарные задачи Хеле-Шоу. Эволюционное граничное уравнение Полубариновой-Галина. Потенциальное и конформное движение. Выражения комплекснозначных аналогов скоростей этих движений через комплексный потенциал и отображающую функцию. Вывод уравнения Полубариновой-Галина.

Тема 11. Анализ эволюционного граничного уравнения Полубариновой-Галина.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое занятие 7. Анализ эволюционного граничного уравнения Полубариновой-Галина. Проблемы в задачах с отступающей границей. Полный замкнутый вид уравнения Полубариновой-Галина в идеализированном и общем неидеализированном случае. Нелокальность уравнения в общем случае. Неустойчивость Саффмана-Тейлора в процессе с отступающей границей.

Тема 12. Метод функции Шварца конструирования точных решений нестационарной идеализированной задачи Хеле-Шоу.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Практическое занятие 8. Метод функции Шварца конструирования точных решений нестационарной идеализированной задачи Хеле-Шоу. Функция Шварца и ее образ во вспомогательной плоскости. Уравнение Куфарева. Эффективность метода в случае, когда частные производные отображающей функции рациональны.

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. Течения Хеле-Шоу как модель природных и технологических процессов с эволюционирующей межфазной границей	1	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Формулировка краевой задачи Хеле-Шоу.	1	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу.	1	3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Анализ устойчивости течений Хеле-Шоу без учета капиллярных сил.	1	4-5	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Анализ устойчивости поршневого вытеснения жидкости в канале с учетом капиллярных сил.	1	6	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. Применение методов теории функции комплексного переменного	1	7-8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Метод двух потенциалов.	1	9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Учет гравитационных сил в течениях Хеле-Шоу.	1	10-11	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Численно-аналитический метод решения стационарных задач Хеле-Шоу с капиллярным граничным условием на свободной границе.	1	12	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
10.	Тема 10. Нестационарные задачи Хеле-Шоу	1	13-14	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
11.	Тема 11. Анализ эволюционного граничного уравнения Полубариновой-Галина.	1	15	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
12.	Тема 12. Метод функции Шварца конструирования точных решений нестационарной идеализированной задачи Хеле-Шоу.	1	16	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Рекомендуемые образовательные технологии: лекционные занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов, зачет. В течение семестра студенты изучают теоретический материал частично на лекционных занятиях, частично самостоятельно с последующим разбором и обсуждением на лабораторных занятиях. Зачет выставляется по положительным результатам выполнения самостоятельной работы в течении семестра, а также успешной сдачи теоретического материала по прилагаемой программе.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Течения Хеле-Шоу как модель природных и технологических процессов с эволюционирующей межфазной границей

устный опрос , примерные вопросы:

1) Какие природные процессы можно моделировать течениями Хеле-Шоу? 2) Чем лоток Хеле-Шоу отличается от гидролотка? 3) Почему потенциальные течения можно моделировать в лотке Хеле-Шоу?

Тема 2. Формулировка краевой задачи Хеле-Шоу.

устный опрос , примерные вопросы:

1) Записать кинематические условия в задаче Хеле-Шоу. 2) Записать динамические условия в задаче Хеле-Шоу. 3) Какую роль в задаче Хеле-Шоу играют капиллярные силы?

Тема 3. Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу.

устный опрос , примерные вопросы:

1) Какие размерные параметры характерны для задачи Хеле-Шоу? 2) Записать первое безразмерное кинематическое условие на межфазной границе. 3) Записать второе безразмерное кинематическое условие на межфазной границе. 4) Записать третье безразмерное кинематическое условие на межфазной границе.

Тема 4. Анализ устойчивости течений Хеле-Шоу без учета капиллярных сил.

устный опрос , примерные вопросы:

1) Что такое поршневое вытеснение? 2) Какая межфазная граница является устойчивой? 3) Какая межфазная граница является неустойчивой?

Тема 5. Анализ устойчивости поршневого вытеснения жидкости в канале с учетом капиллярных сил.

устный опрос , примерные вопросы:

1) Почему капиллярные силы оказывают влияние на устойчивость? 2) Что такое линейный анализ устойчивости? 3) Что такое спектральная задача?

Тема 6. Применение методов теории функции комплексного переменного

устный опрос , примерные вопросы:

Почему методы ТФКП оказались удобными для исследования течений Хеле-Шоу? 2) Что такое комплексно-сопряженная скорость? 3) Сформулировать задачу Сэффмена-Тэйлора.

Тема 7. Метод двух потенциалов.

устный опрос , примерные вопросы:

1) В чем идея метода двух потенциалов? 2) Опишите общую схему решения методом двух потенциалов. 3) Что такое палец в лотке Хеле-Шоу?

Тема 8. Учет гравитационных сил в течениях Хеле-Шоу.

устный опрос , примерные вопросы:

1) Каково влияние силы тяжести на эволюцию межфазной границы? 2) В чем отличие стационарной постановки от нестационарной? 3) Как исключить силу тяжести из граничных условий?

Тема 9. Численно-аналитический метод решения стационарных задач Хеле-Шоу с капиллярным граничным условием на свободной границе.

устный опрос , примерные вопросы:

1) В чем идея схемы расщепления? 2) Как изменяется кривизна при конформном отображении? 3) Почему дифференциальное уравнение межфазной границы имеет второй порядок?

Тема 10. Нестационарные задачи Хеле-Шоу

устный опрос , примерные вопросы:

1) Что такое потенциальное движение? 2) Что такое коформное движение? 3) Как скорости связаны с потенциалом и коформным отображением?

Тема 11. Анализ эволюционного граничного уравнения Полубариновой-Галина.

устный опрос , примерные вопросы:

1) В чем состоит проблема уходящей границы? 2) В чем характерные особенности идеализированного случая? 3) Что такое неустойчивость Саффмана-Тейлора?

Тема 12. Метод функции Шварца конструирования точных решений нестационарной идеализированной задачи Хеле-Шоу.

устный опрос , примерные вопросы:

1) Что такое функция Шварца? 2) Записать уравнение Куфарева. 3) Почему в случае рациональных производных отображающей функции можно построить аналитическое решение?

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Все виды текущего контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины оцениваются по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ. Программа зачёта приведена в приложении.

Вопросы зачета

- 1) Течения Хеле-Шоу как модель природных и технологических процессов с эволюционирующей межфазной границей
- 2) Формулировка краевой задачи Хеле-Шоу.
- 3) Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу.
- 4) Анализ устойчивости течений Хеле-Шоу без учета капиллярных сил.
- 5) Анализ устойчивости поршневого вытеснения жидкости в канале с учетом капиллярных сил.
- 6) Применение методов теории функции комплексного переменного.
- 7) Метод двух потенциалов.
- 8) Учет гравитационных сил в течениях Хеле-Шоу.
- 9) Численно-аналитический метод решения стационарных задач Хеле-Шоу с капиллярным граничным условием на свободной границе.
- 10) Нестационарные задачи Хеле-Шоу
- 11) Анализ эволюционного граничного уравнения Полубариновой-Галина.
- 12) Метод функции Шварца конструирования точных решений нестационарной идеализированной задачи Хеле-Шоу.

Вопросы контрольной

Вариант 1

Лоток Хеле-Шоу имеет размеры 50см*100см. Какое максимальное количество пальцев Саффмана может в нем возникнуть в случае устойчивого движения?

Вариант 2

Лоток Хеле-Шоу имеет размеры 50см*100см. Какое максимальное количество пальцев Саффмана может в нем возникнуть в случае неустойчивого движения?

Вариант 3

Лоток Хеле-Шоу имеет размеры 50см*100см. Возникло два пальца Саффмана. Будет ли движение устойчивым?

Вариант 4

Лоток Хеле-Шоу имеет размеры 50см*100см. Возник один палец Саффмана. Будет ли движение устойчивым?

7.1. Основная литература:

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

Особенности численной реализации методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики, Марданов, Ренат Фаритович, 2013г.

Николаенко В.Л. Механика - М: ИНФРА- М, 2011. - 636 с.

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

Давыдова М.А.

Лекции по гидродинамике. - М.: Физматлит, 2011. - 216 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/5264/>

7.2. Дополнительная литература:

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 253 с. <http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

Роуч, П. Дж. Вычислительная гидродинамика / Пер. с англ. В. А. Гущина, В. Я. Митницкого; Под ред. П. И. Чушкина / П. Дж. Роуч. - М.: Мир, 1980. - 616 с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Колебания и волны: учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. П. Бобровского. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2009. ? 256 с. - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=349952>

Введение в численные методы в задачах и упражнениях: Уч. пос./ А.В. Гулин и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М: АРГАМАК-МЕДИА, 2014. - 368 с. - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=454592>

Гидравлика: Учебное пособие / Б.В. Ухин. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 464 с. - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=375072>

Гидрогазодинамика: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 336 - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=410288>

Методы научного познания: Учебное пособие / С.А. Лебедев. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 272 с - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=450183>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Динамика межфазных границ" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Аудитории для чтения лекций и проведения практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика твердого деформируемого тела .

Автор(ы):

Алимов М.М. _____

Маклаков Д.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. _____

"__" _____ 201__ г.