

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ
проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Динамика межфазных границ

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший научный сотрудник, к.н. (доцент) Алимов М.М. (научно-исследовательская лаборатория Современные геоинформационные и геофизические технологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий), Mars.Alimov@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Маклаков Д.В. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), dmaklak@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-3	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-2	способностью создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках
ПК-3	способностью публично представить собственные новые научные результаты
ПК-4	способностью к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач
ПК-5	способностью к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах
ПК-6	способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

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

Должен уметь:

ориентироваться в специальной литературе посвященной вопросам неустойчивости межфазных границ.

Должен владеть:

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

Должен демонстрировать способность и готовность:

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

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.2 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика твердого деформируемого тела)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 26 часа(ов), в том числе лекции - 10 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 46 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Течения Хеле-Шоу как модель природных и технологических процессов с эволюционирующей межфазной границей	2	2	0	0	2
2.	Тема 2. Формулировка краевой задачи Хеле-Шоу.	2	0	2	0	4
3.	Тема 3. Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу.	2	2	0	0	4
4.	Тема 4. Анализ устойчивости течений Хеле-Шоу без учета капиллярных сил.	2	0	4	0	4
5.	Тема 5. Анализ устойчивости поршневого вытеснения жидкости в канале с учетом капиллярных сил.	2	2	0	0	4
6.	Тема 6. Применение методов теории функции комплексного переменного.	2	0	2	0	4
7.	Тема 7. Метод двух потенциалов.	2	2	0	0	4
8.	Тема 8. Учет гравитационных сил в течениях Хеле-Шоу.	2	0	2	0	4
9.	Тема 9. Численно-аналитический метод решения стационарных задач Хеле-Шоу с капиллярным граничным условием на свободной границе.	2	2	0	0	4
10.	Тема 10. Нестационарные задачи Хеле-Шоу.	2	0	2	0	4
11.	Тема 11. Анализ эволюционного граничного уравнения Полубариновой-Галина.	2	0	2	0	4
12.	Тема 12. Метод функции Шварца конструирования точных решений нестационарной идеализированной задачи Хеле-Шоу.	2	0	2	0	4
	Итого		10	16	0	46

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

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

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.

Практическое занятие 1. Формулировка краевой задачи Хеле-Шоу. Понятие об односторонней и двусторонней задаче. Вывод кинематического и динамического граничного условия на межфазной границе. Учет поверхностного натяжения.

Тема 3. Безразмерная постановка задачи Хеле-Шоу.

Лекция 2. 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 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.

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

Лекция 3. 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 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.

Лекция 4. 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 5. Контрольная работа

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

Лекция 5. 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 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 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 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.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=349952>

Введение в численные методы в задачах и упражнениях: - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=454592>

Гидравлика: Учебное пособие - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=375072>

Гидрогазодинамика: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=410288>

Методы научного познания: Учебное пособие / С.А. Лебедев. - <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=450183>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студентам необходимо посещать лекции, вести конспект лекций вслед за изложением материала преподавателем. Рекомендуется прорабатывать конспект в течение дня после лекции и просматривать его вновь накануне следующей лекции. В случае обнаружения ошибок или возникновения вопросов по предыдущему материалу

необходимо обратиться к преподавателю.

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно проработать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Основой для подготовки служит добросовестное выполнение домашнего задания. Для успешного решения задач первой части курса студентам рекомендуется вспомнить материал, освоенный в предыдущих семестрах в рамках базовых математических дисциплин.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
зачет	Подготовку к зачету рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы к зачету и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе "Механика твердого деформируемого тела".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.2 Динамика межфазных границ

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Основная литература:

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

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

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/>

Дополнительная литература:

Механика. Методы решения задач: учебное пособие / В.В. Покровский. - М.: БИНОМ.

Лаборатория знаний, 2012. - 253 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

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

<https://search.rsl.ru/ru/record/01001008756>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.2 Динамика межфазных границ

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.