

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

Обратные краевые задачи Б1.В.04

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Марданов Р.Ф.

Рецензент(ы): Егоров А.Г. , Выборнов Виктор Геннадиевич

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Поташев К. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Марданов Р.Ф. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), Renat.Mardanov@kpfu.ru

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

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4	способностью к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач
ПК-7	способностью формулировать в проблемно-задачной форме нематематические типы знания

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

современное состояние теории прямых и обратных краевых задач механики жидкости и газа, основные математические модели, постановки и методы решения соответствующих задач

Должен уметь:

применять полученные знания при численно-аналитическом решении прикладных задач механики жидкости и газа

Должен владеть:

методами математического моделирования, вычислительными методами механики жидкости и газа

Должен демонстрировать способность и готовность:

Применения знаний по современным численным методам решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики на практике, владеть эффективными необходимыми вычислительными методами, знать особенности их численной реализации, уметь составлять алгоритмы, писать на их основе вычислительные программы, проводить с их помощью числовые расчеты.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.04 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика жидкости, газа и плазмы)" и относится к вариативной части.

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. Вводное занятие	2	2	0	0	4

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Основные формулы решения основной ОКЗА	2	2	2	0	6
3.	Тема 3. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева	2	0	4	0	6
4.	Тема 4. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости	2	2	2	0	8
5.	Тема 5. Суть панельного метода решения прямой краевой задач аэрогидродинамики	2	2	0	0	4
6.	Тема 6. Особенности численной реализации панельного метода	2	0	4	0	6
7.	Тема 7. Обобщение на случай многоэлементных крыловых профилей	2	0	2	0	4
8.	Тема 8. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля	2	2	2	0	8
	Итого		10	16	0	46

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Вводное занятие

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Сущность прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики, крыловой профиль и его основные геометрические и аэродинамические характеристики: хорда, координаты поверхности, средняя линия, радиус передней кромки, толщина кривизна, распределения и хордовые диаграммы скорости, давления и коэффициента давления, подъемная сила, сила сопротивления, аэродинамические коэффициенты, аэродинамическое качество и аэродинамическая поляра

Тема 2. Основные формулы решения основной ОКЗА

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Постановка задачи, основные формулы решения основной ОКЗА методом Тумашева, введение канонической области, условия разрешимости, метод квазирешений, метод свободных параметров, формулы вычисления геометрических и аэродинамических характеристик спроектированного крылового профиля.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Разработка основного алгоритма решения ОКЗА методом Тумашева путем выделения основных вычислительных процедур. Создание основного расчетного модуля.

Тема 3. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева

практическое занятие (4 часа(ов)):

Реализация вычислительных процедур: вычисление распределения потенциала в физической и канонической плоскостях, метод сопоставления функций потенциалов скорости, решение нелинейного уравнения для определения неизвестных параметров, удаление особенностей аналитической функции, вычисление интеграла Гильберта, реализация метода квазирешений, определение формы спроектированного крылового профиля, вычисление геометрических и аэродинамических характеристик.

Тема 4. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Модель пограничного слоя, толщины вытеснения, потери импульса и потери энергии, формпараметр, полуэмпирический метод Кочина - Лойцянского расчета ПС, обобщение метода решения ОКЗА на случай учета вязкости по модели ПС, полутело вытеснения, вычисление коэффициента сопротивления по формуле Сквайра-Юнга.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Разработка итерационного алгоритма решения ОКЗА с учетом вязкости по модели пограничного слоя. Разработка вычислительных процедур расчета ПС, построения полутела вытеснения, определения формы крылового профиля, нахождения аэродинамических характеристик.

Тема 5. Суть панельного метода решения прямой краевой задач аэрогидродинамики

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Комплексные потенциалы простейших течений: плоскопараллельное течение, источник/сток, вихрь, диполь, распределение особенностей вдоль линии, постановка прямой задачи, моделирование крылового профиля вписанным полигоном с распределенными по его ребрам (панелям) особенностями, условие Жуковского ? Кутты гладкого схода потока с задней кромки.

Тема 6. Особенности численной реализации панельного метода

практическое занятие (4 часа(ов)):

Сведение задачи к системе линейных алгебраических уравнений, вычисление сингулярных интегралов для определения коэффициентов матрицы СЛАУ, алгоритм численного решения СЛАУ методом Гаусса, вычисление распределения скорости и давления, разработка соответствующих вычислительных процедур.

Тема 7. Обобщение на случай многоэлементных крыловых профилей

практическое занятие (2 часа(ов)):

Особенности обобщения на случай расчета обтекания многоэлементного крылового профиля, случай профиля крыла экраноплана, комплексные потенциалы особенностей вблизи экрана, вывод формул расчета обтекания крылового профиля вблизи экрана панельным методом. Модификация расчетных процедур для случая расчета обтекания крылового профиля вблизи экрана.

Тема 8. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Распределенные отбор и выдув потока, случай выдува через перфорированный участок поверхности крылового профиля с заданным распределением нормальной скорости выдува, случай выдува из канала, дополнительное условие схода потока и сведение задачи к переопределенной СЛАУ. Вывод формул подсчета аэродинамических характеристик проницаемого крылового профиля, построение картины обтекания.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Разработка расчетных алгоритмов для решения прямой краевой задачи для проницаемого крылового профиля и расчета его аэродинамических характеристик. Особенности их численной реализации. Численные алгоритмы построения картины обтекания, численное интегрирование дифференциальных уравнений линий тока.

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 №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Видео уроки по C++ - <https://bookflow.ru/video-uroki-po-c/>

Видеолекция. Няшина Н.Д. Вычислительная математика. Численные методы алгебры - <https://www.youtube.com/watch?v=DWYhHDtMQjg>

Методическое пособие. Особенности численной реализации методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидромеханики - <http://kpfu.ru/docs/F1787765434/metopkza.pdf>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 2			
	Текущий контроль		
1	Компьютерная программа	ПК-4 , ПК-7	1. Вводное занятие 2. Основные формулы решения основной ОКЗА 3. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева 4. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости
2	Компьютерная программа	ПК-4 , ПК-7	5. Суть панельного метода решения прямой краевой задач аэрогидродинамики 6. Особенности численной реализации панельного метода 7. Обобщение на случай многоэлементных крыловых профилей 8. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля
	Зачет	ПК-4, ПК-7	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 2					
Текущий контроль					
Компьютерная программа	Высокий уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача полностью решена.	Хороший уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача в основном решена.	Удовлетворительный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача решена частично.	Недостаточный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача не решена.	1 2
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 2

Текущий контроль

1. Компьютерная программа

Темы 1, 2, 3, 4

Разработать численный алгоритм решения ОКЗА методом Тумашева и реализовать его в виде программы для ЭВМ. Программа должна включать следующие основные процедуры:

1. Ввод исходного распределения скорости в табулированном виде из файла или задание в параметрическом виде ГЦРС.
2. Определение функции потенциала скорости, вычисление циркуляции.
3. Нахождение параметров в канонической плоскости.
4. Вычисление функции $s(\gamma)$ методом сопоставления плоскостей.
5. Пересчет распределения скорости как функции параметра γ , вычисление реальной части вспомогательной функции, удаление ее особенностей.
6. Проверка условий разрешимости. Реализация простейшего варианта квазирешения.
7. Восстановление мнимой части вспомогательной функции с использованием сингулярного интеграла Гильберта.
8. Вычисление координат искомого крылового профиля и исправленного в ходе выполнения условий разрешимости распределения скорости.
9. Определение геометрических характеристик профиля: хорды, толщины, кривизны, средней линии
10. Определение аэродинамических характеристик крылового профиля: угла атаки, распределения коэффициента давления, коэффициента подъемной силы. Проверка парадокса Даламбера

2. Компьютерная программа

Темы 5, 6, 7, 8

Разработать численный алгоритм решения ПКЗА панельным методом и реализовать его в виде программы для ЭВМ. Программа должна включать следующие основные процедуры:

1. Ввод координат крылового профиля в табулированном виде из файла или восстановление по параметрическим формулам (серия НАСА).
2. Проверка обхода контура крылового профиля путем вычисления площади со знаком, перенумерование точек контура при неверном обходе.
3. Вычисление интеграла типа Коши
4. Определение коэффициентов матрицы и столбца свободных членов СЛАУ
5. Решение СЛАУ методом Гаусса
6. Вычисление распределения скорости в контрольных точках. Пересчет распределения скорости в исходных точках
7. Определение геометрических характеристик профиля: хорды, толщины, кривизны, средней линии
8. Определение аэродинамических характеристик крылового профиля: угла атаки, распределения коэффициента давления, коэффициента подъемной силы. Проверка парадокса Даламбера
9. Совместное тестирование программ решения ОКЗА и ПКЗА: результат работы каждой из программ могут служить входными данными другой программы.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Сущность прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики.
2. Крыловой профиль и его основные геометрические и аэродинамические характеристики.
3. Постановка основной ОКЗА.
4. Формулы решения основной ОКЗА методом Тумашева.
5. Условия разрешимости.
6. Удовлетворение условий разрешимости методом квазирешений.
7. Удовлетворение условий разрешимости методом свободных параметров.
8. Формулы определения геометрических и аэродинамических характеристик спроектированного крылового профиля.
9. Алгоритм вычисления распределения потенциала в физической и канонической плоскостях.
10. Алгоритм реализации метода сопоставления плоскостей.
11. Алгоритм удаления особенностей аналитической функции.
12. Квадратурная формула вычисления интеграла Гильберта.
13. Алгоритм метода квазирешений.
14. Алгоритм метода свободных параметров.
15. Алгоритм определения формы спроектированного крылового профиля.
16. Алгоритм вычисления геометрических и аэродинамических характеристик крылового профиля.
17. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости.
18. Комплексные потенциалы простейших течений: плоскопараллельное течение, источник/сток, вихрь, диполь.
19. Комплексные потенциалы в случае особенностей, распределенных вдоль линии.
20. Постановка ПКЗА.

21. Суть панельного метода.
22. Учет циркуляционного обтекания, условие Жуковского - Кутты гладкого схода потока с задней кромки.
23. Сведение ПКЗА к системе линейных алгебраических уравнений.
24. Вычисление сингулярного интеграла типа Коши, определения коэффициентов матрицы СЛАУ.
25. Вычисление распределения скорости и коэффициента давления.
26. Обобщение на случай многоэлементного крылового профиля.
27. Обобщение на случай профиля крыла экраноплана.
28. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля.
29. Подсчет аэродинамических характеристик проницаемого крылового профиля.
30. Построение картины обтекания крылового профиля.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 2			
Текущий контроль			
Компьютерная программа	Обучающиеся самостоятельно составляют программу на определённом языке программирования в соответствии с заданием. Программа сдаётся преподавателю в электронном виде. Оценивается реализация алгоритмов на языке программирования, достижение заданного результата.	1	25
		2	25
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Нигматулин Р. И. Механика сплошной среды Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 'Фундаментальная механика и механика' и направлению подготовки 010800 'Механика и математическое моделирование' - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014 - 639с.
2. Краевые задачи для дифференциальных уравнений и аналитических функций - 2014: материалы Международной научной конференции (Казань, 29 сентября - 1 октября 2014 г.) Труды математического центра им. Н. И. Лобачевского: Казанское математическое общество. Т. 49 /Под ред. Агачев Ю. Р. - Казань: [Издательство Казанского университета], 2014 - 361с. - URL: http://libweb.kpfu.ru/z3950/bcover/0000935688_con.pdf
3. Бахвалов Н.С. и др. Численные методы - Москва: Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний", 2015 - 632с. - URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70743

7.2. Дополнительная литература:

1. Особенности численной реализации методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики, Марданов, Ренат Фаритович, 2013г. - URL: <http://kpfu.ru/docs/F1787765434/metopkza.pdf>

2. Ильинский, Николай Борисович. Математические проблемы проектирования крыловых профилей: усложненные схемы течения; построение и оптимизация формы крыловых профилей / Н. Б. Ильинский, Д. Ф. Абзалилов. - Казань: Казанский университет, 2011. 281с. - URL: http://kpfu.ru/publication?p_id=28543
3. Павловский В. А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы - Москва: Лань, 2018 - URL: <https://e.lanbook.com/book/103064>
4. 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.

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

Библиотека. Гидромеханика - <http://theorphysics.info/load/23>
 Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>
 Общероссийский математический портал - <http://www.mathnet.ru/>
 поисковый портал научной информации - <http://www.sciencedirect.com/>
 Реферативная база научной информации - <http://www.scopus.com/home.url>

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.
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно прорабатывать 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	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно прорабатывать 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.
компьютерная программа	Для написания компьютерной программы необходимо записать алгоритм решения, перевести его на язык программирования C++, произвести отладку программы, используя для этого промежуточные результаты, вывести наглядно окончательный результат и его проанализировать. Оформить отчет с наглядной демонстрацией результатов расчетов в виде таблиц и графиков.
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)

Освоение дисциплины "Обратные краевые задачи" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian
 Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

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

Освоение дисциплины "Обратные краевые задачи" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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 жидкости, газа и плазмы.