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. Минзарипов Р.Г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

# Программа дисциплины

Обратные краевые задачи М1.ДВ.2

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование
Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

**Автор(ы):**
Марданов Р.Ф.

**Рецензент(ы):**
Выборнов В.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 817214014

Казань
2014

## 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) доцент, к.н. (доцент) Марданов Р.Ф. Кафедра аэрогидромеханики отделение механики , Renat.Mardanov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Изучить математические основы теории обратных краевых задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.2 Общенаучный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в раздел М.2. Профессиональный цикл. Вариативная часть.

Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные обучающимися в средней общеобразовательной школе, а также в процессе введения в профильную подготовку "Механика жидкости, газа и плазмы". При изучении этой дисциплины студенты получат теоретические знания о математических основах обратных краевых задач теории аналитических функций, о сущности обратных краевых задач механики жидкости и га-за, их отличии от классических краевых задач и их месте среди множества краевых задач с неизвестными границами, приобретут навыки самостоятельного изучения сложного теоретического материала.

## 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) | способностью к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом |
| ПК-1 (профессиональные компетенции) | владением методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук |
| ПК-10 (профессиональные компетенции) | способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках |
| ПК-12 (профессиональные компетенции) | способностью к определению общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин |
| ПК-14 (профессиональные компетенции) | владением методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук |
| ПК-16 (профессиональные компетенции) | способностью к управлению и руководству научной работой коллективов |
| ПК-2 (профессиональные компетенции) | владением методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания |

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ПК-8 (профессиональные компетенции) | умением публично представить собственные новые научные результаты |

В результате освоения дисциплины студент:

4. 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.

## 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 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. Вводное занятие | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | устный опрос |
| 2. | Тема 2. Основные формулы решения основной ОКЗА | 2 | 2-3 | 2 | 2 | 0 | устный опрос домашнее задание |
| 3. | Тема 3. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева | 2 | 4-5 | 0 | 4 | 0 | домашнее задание |
| 4. | Тема 4. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости | 2 | 6-7 | 2 | 2 | 0 | устный опрос домашнее задание |
| 5. | Тема 5. Суть панельного метода решения прямой краевой задач аэрогидродинамики | 2 | 8 | 2 | 0 | 0 | устный опрос |


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

| 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. Особенности численной реализации панельного метода | 2 | 9-10 | 0 | 4 | 0 | домашнее задание |
| 7. | Тема 7. Обобщение на случай многоэлементных крыловых профилей | 2 | 11 | 0 | 2 | 0 | домашнее задание |
| 8. | Тема 8. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля | 2 | 12-13 | 2 | 2 | 0 | устный опрос контрольная работа |
| . | Тема . Итоговая форма контроля | 2 | | 0 | 0 | 0 | зачет |
| | Итого | | | 10 | 16 | 0 | |

**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)):***

Реализаци 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 алгоритм 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. Особенностей их численной реализации. Численные алгоритмы построения картины обтекания, численное интегрирование дифференциальных уравнений линий тока.

### 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. Вводное занятие | 2 | 1 | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |
| 2. | Тема 2. Основные формулы решения основной ОКЗА | 2 | 2-3 | подготовка домашнего задания | 3 | домашнее задание |
| | | | | подготовка к устному опросу | 3 | устный опрос |

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3. | Тема 3. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева | 2 | 4-5 | подготовка домашнего задания | 6 | домашнее задание |
| 4. | Тема 4. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости | 2 | 6-7 | подготовка домашнего задания | 4 | домашнее задание |
| | | | | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |
| 5. | Тема 5. Суть панельного метода решения прямой краевой задач аэрогидродинамики | 2 | 8 | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |
| 6. | Тема 6. Особенности численной реализации панельного метода | 2 | 9-10 | подготовка домашнего задания | 6 | домашнее задание |
| 7. | Тема 7. Обобщение на случай многоэлементных крыловых профилей | 2 | 11 | подготовка домашнего задания | 4 | домашнее задание |
| 8. | Тема 8. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля | 2 | 12-13 | подготовка к контрольной работе | 4 | контрольная работа |
| | | | | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |
| | Итого | | | | 46 | |

## 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. Вводное занятие**

устный опрос , примерные вопросы:

Проведение устного опроса по теме. Вопросы устного опроса: определение крылового профиля, перечень и определения основных геометрических характеристик, перечень и определения основных аэродинамических характеристик

**Тема 2. Основные формулы решения основной ОКЗА**

домашнее задание , примерные вопросы:

программная реализация основного модуля программы решения ОКЗА методом Тумашева

устный опрос , примерные вопросы:

Проведение устного опроса по теме. Вопросы устного опроса: элементы алгоритма решения основной ОКЗА методом Тумашева, основные используемые численные методы

**Тема 3. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева**

домашнее задание , примерные вопросы:

Программная реализация вычислительных процедур разработанного алгоритма с учетом их особенностей.

**Тема 4. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости**

домашнее задание , примерные вопросы:

Программная реализация итерационного алгоритма решения ОКЗА с учетом вязкости по модели пограничного слоя

устный опрос , примерные вопросы:

Проведение устного опроса по теме. Вопросы устного опроса: метод Кочина - Лойцянского расчета пограничного слоя, итерационные алгоритм решения задачи, формула Сквайра-Юнга определения коэффициента сопротивления.

**Тема 5. Суть панельного метода решения прямой краевой задач аэрогидродинамики**

устный опрос , примерные вопросы:

Проведение устного опроса по теме. Вопросы устного опроса: комплексные потенциалы простейших течений (плоскопараллельное, источник, сток, вихрь, диполь). Распределение особенностей вдоль линии, суть панельного метода, условие гладкого схода потока с задней кромки.

**Тема 6. Особенности численной реализации панельного метода**

домашнее задание , примерные вопросы:

Программная реализация основного алгоритма решения ПКЗА и его расчетных процедур с учетом их вычислительных особенностей, решение СЛАУ методом Гаусса, разработка алгоритмов и программ определения распределений скорости и давления.

**Тема 7. Обобщение на случай многоэлементных крыловых профилей**

домашнее задание , примерные вопросы:

Разработка алгоритмов и их программная реализация по обобщению панельного метода на случай профилей крыльев вблизи экрана.

**Тема 8. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля**

контрольная работа , примерные вопросы:

Проверка работоспособности программ решения прямой и обратной краевой задачи аэрогидродинамики. Выполнение тестовых расчетов обтекания и проектирования крыловых профилей на примерах классических профилей серии NACA.

устный опрос , примерные вопросы:

Проведение устного опроса по теме. Вопросы устного опроса: особенности двух случая выдува потока через проницаемый участок (с заданным распределение скорости выдува и с наличием второй острой кромки), определение аэродинамических характеристик проницаемого крылового профиля, основные формулы для решения задачи построения картины обтекания крылового профиля.

**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.

Вопросы к зачету

1. Сущность прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики
2. Крыловой профиль и его основные геометрические и аэродинамические характеристики
3. Постановка задачи, основные формулы решения основной ОКЗА методом Тумашева
4. Условия разрешимости, метод квазирешений, метод свободных параметров,

5. Формулы вычисления геометрических и аэродинамических характеристик спроектированного крылового профиля

6. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева: вычисление распределения потенциала в физической и канонической плоскостях, метод сопоставления функций потенциалов скорости

7. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева: удаление особенностей аналитической функции, вычисление интеграла Гильберта

8. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева: реализация метода квазирешений,

9. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева: определение формы спроектированного крылового профиля, вычисление геометрических и аэродинамических характеристик

10. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости

11. Комплексные потенциалы простейших течений: плоскопараллельное течение, источник/сток, вихрь, диполь, распределение особенностей вдоль линии, постановка прямой задачи,

12. Моделирование крылового профиля вписанным полигоном с распределенными по его ребрам (панелям) особенностями, условие Жуковского - Кутты гладкого схода потока с задней кромки

13. Особенности численной реализации панельного метода: сведение задачи к системе линейных алгебраических уравнений

14. Особенности численной реализации панельного метода: вычисление сингулярных интегралов для определения коэффициентов матрицы СЛАУ

15. Особенности численной реализации панельного метода: вычисление распределения скорости и давления

16. Обобщение на случай многоэлементного крылового профиля

17. Обобщение на случай профиля крыла экраноплана

18. Обобщение на случай проницаемого крылового профиля

19. Подсчет аэродинамических характеристик проницаемого крылового профиля, построение картины обтекания

**7.1. Основная литература:**

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

Калиткин, Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. ? 2-е изд., исправленное. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 586 с.

http://znanium.com/bookread.php?book=350803

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.

http://kpfu.ru/publication?p_id=28543

**7.2. Дополнительная литература:**

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

Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. - Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 634 с.

http://e.lanbook.com/view/book/4397/

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:

Библиотека. Гидромеханика - http://theorphysics.info/load/23

Научная электронная библиотека - http://elibrary.ru/

Общероссийский математичесмкий портал - http://www.mathnet.ru/

поисковый портал научной информации - http://www.sciencedirect.com/

Реферативная база научной информации - http://www.scopus.com/home.url

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

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.

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий. Компьютерный класс, лицензионное ПО: MS Windows, MS Visual Studio, MS Office

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .

Автор(ы):
Марданов Р.Ф. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Выборнов В.Г. _____
"__" _____ 201 __ г.