

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. Д.А. Гаюровский
01 » июня 2021 г.



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Обратные краевые задачи

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: 2022

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): профессор, д.н. (профессор) Маклаков Д.В. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), dmaklak@kpfu.ru ; 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 ОПОП ВО

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности
ПК-3	Способен к организации учебной деятельности в области физико-математических дисциплин

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

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 (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика жидкости, газа и плазмы)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 35 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 37 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Вводное занятие	3	2	0	0	0	0	0	4
2.	Тема 2. Основные формулы решения основной ОКЗА	3	2	0	2	0	0	0	6
3.	Тема 3. Алгоритмы и особенности численной реализации метода Тумашева	3	2	0	4	0	0	0	6
4.	Тема 4. Обобщение решения ОКЗА на случай учета вязкости	3	2	0	2	0	0	0	6
5.	Тема 5. Суть панельного метода решения прямой краевой задач аэрогидродинамики	3	2	0	2	0	0	0	4
6.	Тема 6. Особенности численной реализации панельного метода	3	2	0	4	0	0	0	6
7.	Тема 7. Обобщение на случай многоэлементных крыловых профилей	3	2	0	2	0	0	0	3
8.	Тема 8. Обобщение на случай проникаемого крылового профиля	3	2	0	2	0	0	0	2
<p>4.2 Содержание дисциплины (модуля)</p> <p>Тема 1. Вводное занятие лекционное занятие (2 часа(ов)):</p> <p>Сущность прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики, крылового профиля 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</p>									

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)):

Реализации 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 проникаемого 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 проникаемого крылового профиля, построение картины обтекания.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Разработка расчетных алгоритмов для решения прямой краевой задачи для проникаемого 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 науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

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

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)

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)

- 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.

Вид работ	Методические рекомендации
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.
экзамен	Подготовку к экзамену рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все экзаменационные вопросы 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 экзаменационным 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 жидкости, газа и плазмы".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.04.01 Обратные краевые задачи

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

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: 2022

Основная литература:

1. Марданов Р.Ф. Особенности численной реализации методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики: учебное пособие. - Казань: КФУ, 2013. - 61 с. - URL: <http://kpfu.ru/docs/F1787765434/metopkza.pdf>
2. Бахвалов Н.С. Численные методы: учебное пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - Москва: Лаборатория знаний, 2015. - 639 с. - ISBN 978-5-9963-2616-7. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/70767>
3. Ильинский Н.Б. 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.

Дополнительная литература:

1. Нигматулин Р.И., Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика [Электронный ресурс] / Нигматулин Р. И. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 640 с. - ISBN 978-5-9704-2898-6 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970428986.html>
2. Павловский В.А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы: учебное пособие / В.А. Павловский, Д.В. Никущенко. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 368 с. - ISBN 978-5-8114-2924-0.- Текст: электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/103064>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.04.01 Обратные краевые задачи

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 жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

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.

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.