

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**

Численно-аналитические методы аэрогидромеханики Б1.В.ДВ.02.01

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: 2018

**Автор(ы):** Маклаков Д.В.

**Рецензент(ы):** Егоров А.Г.

### **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) 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 образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-9	способностью к преподаванию физико-математических дисциплин и информатики в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях и организациях дополнительного образования

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен владеть:

Должен демонстрировать способность и готовность:

1. Получить базовые знания о методе граничных элементов, его преимуществах и недостатках по сравнению с разностными методами.
2. Освоить технику составления программ, для решения задач обтекания аэропрофилей с помощью МГЭ.
3. Освоить методы решения нелинейных интегральных уравнений.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика жидкости, газа и плазмы)" и относится к дисциплинам по выбору. 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).  
Контактная работа - 50 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 32 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).  
Самостоятельная работа - 58 часа(ов).  
Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).  
Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен 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. Интегральные представления гармонической функции в ограниченной и неограниченной областях	2	2	0	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Панельный метод низкого порядка для вычисления поверхностных интегралов	2	2	0	0	2
3.	Тема 3. Метод интегральных уравнений для решения краевых задач.	2	2	0	0	2
4.	Тема 4. Панельный метод для трехмерного крыла.	2	2	0	0	2
5.	Тема 5. Панельный метод для двумерного профиля.	2	2	6	0	8
6.	Тема 6. Численный метод решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтеры второго рода.	2	2	4	0	8
7.	Тема 7. Метод Ньютона. Нелинейное интегральное уравнение Урысона.	2	2	6	0	8
8.	Тема 8. Система нелинейных интегральных уравнений. Интегро-дифференциальные уравнения.	2	2	6	0	8
9.	Тема 9. Нелинейные краевые задачи и их сведение к нелинейному интегральному уравнению.	2	2	4	0	8
10.	Тема 10. Задача о нелинейных гравитационных волнах в жидкости бесконечной глубины.	2	2	6	0	8
	Итого		20	32	0	56

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Интегральные представления гармонической функции в ограниченной и неограниченной областях

Лекция 1. Основные трехмерные потенциалы: равномерный поток, точечный источник, точечный диполь. Комбинация диполя равномерного потока: обтекание сферы. Интегральное представление гармонической функции в ограниченной области. Интегральное представление гармонической функции в неограниченной области. Неединственность интегральных представлений

##### Тема 2. Панельный метод низкого порядка для вычисления поверхностных интегралов

Лекция 2. Формулировки основных краевых задач. Теорема единственности. Внутренние и внешние краевые задачи. Постановка задачи о движении тела в жидкости. Поверхностное распределение источников и его свойства. Поверхностное распределение диполей и его свойства. Панельный метод низкого порядка для вычисления поверхностных интегралов. Четырехугольный источник или диполь. Глобальная и локальная системы координат. Алгоритм вычисления поверхностных распределений.

##### Тема 3. Метод интегральных уравнений для решения краевых задач.

Лекция 3. Метод интегральных уравнений для решения краевых задач. Интегральное уравнение для задачи Неймана при использовании только распределений источников. Интегральное уравнение для задачи Неймана при использовании только распределений диполей. Интегральное уравнение Морино. Метод сведения внешней задачи Неймана к внутренней задаче Дирихле.

##### Тема 4. Панельный метод для трехмерного крыла.

Лекция 4. Дискретизация интегральных уравнений в трехмерном случае. Коэффициенты влияния. Панельный метод для трехмерного крыла. След и его основное свойство. Теорема о средних линиях тока на поверхности следа. Простейшая модель следа. Интегральное уравнение Морино для трехмерного крыла. Вычисление распределения давлений.

### **Тема 5. Панельный метод для двумерного профиля.**

Постановка задачи об обтекании двумерного профиля. Двумерные аналоги основных потенциалов. Распределения диполей и источников и их свойства. Интегральное представление двумерного потенциала при обтекании профиля и его дискретный аналог. Основные интегральные уравнения для решения задачи об обтекании профиля.

В пакете Математика составить программу для определения распределения скоростей указанного профиля.

Варианты Профиль Угол атаки

1. RAE100 2 градуса
2. RAE101 2 градуса
3. RAE102 2 градуса
4. RAE103 2 градуса
5. RAE104 2 градуса
6. RAE2822 2 градуса
7. RAE5213 3 градуса
8. RAE5214 0 градусов
9. FX2 0 градусов
10. Eppler-66 3 градуса
11. Eppler-67 3 градуса

### **Тема 6. Численный метод решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтеры второго рода.**

Провести дискретизацию задачи и составить алгоритм расчета. Составить блок-схему программы.

В пакете Математика составить программы для решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтеры второго рода. Построить графики полученных решений. Проверить результаты путем сопоставления левой и правой частей уравнения. Вывести результат проверки на печать.

### **Тема 7. Метод Ньютона. Нелинейное интегральное уравнение Урысона.**

Провести дискретизацию задачи и составить алгоритм расчета. Составить блок-схему программы.

В пакете Математика составить программу для решения нелинейного интегрального уравнения Урысона.

Построить графики полученных решений. Проверить результаты путем сопоставления левой и правой частей уравнения. Вывести результат проверки на печать.

### **Тема 8. Система нелинейных интегральных уравнений. Интегро-дифференциальные уравнения.**

Провести дискретизацию задачи и составить алгоритм расчета. Составить блок-схему программы.

В пакете Математика составить программы для решения системы нелинейных интегральных уравнений и интегро-дифференциального уравнения. Построить графики полученных решений. Проверить результаты путем сопоставления левой и правой частей уравнения. Вывести результат проверки на печать.

### **Тема 9. Нелинейные краевые задачи и их сведение к нелинейному интегральному уравнению.**

Провести дискретизацию задачи и составить алгоритм расчета. Составить блок-схему программы.

В пакете Математика составить программу для решения нелинейной краевой задачи в полукруге. Построить графики полученных решений. Проверить результаты путем сопоставления левой и правой частей уравнения. Вывести результат проверки на печать.

### **Тема 10. Задача о нелинейных гравитационных волнах в жидкости бесконечной глубины.**

Провести дискретизацию задачи и составить алгоритм расчета. Составить блок-схему программы.

В пакете Математика составить программу для расчета нелинейных гравитационных волнах в жидкости бесконечной глубины. Построить графики полученных решений. Проверить результаты путем сопоставления левой и правой частей уравнения. Вывести результат проверки на печать.

## **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".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "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".

## 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
<b>Семестр 2</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменное домашнее задание	ПК-9	1. Интегральные представления гармонической функции в ограниченной и неограниченной областях
2	Письменное домашнее задание	ПК-9	2. Панельный метод низкого порядка для вычисления поверхностных интегралов
3	Письменное домашнее задание	ПК-9	3. Метод интегральных уравнений для решения краевых задач. 4. Панельный метод для трехмерного крыла.
4	Письменное домашнее задание	ПК-9	5. Панельный метод для двумерного профиля. 6. Численный метод решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтеры второго рода.
5	Письменное домашнее задание	ПК-9	7. Метод Ньютона. Нелинейное интегральное уравнение Урысона. 8. Система нелинейных интегральных уравнений. Интегро-дифференциальные уравнения.
6	Письменное домашнее задание	ПК-9	9. Нелинейные краевые задачи и их сведение к нелинейному интегральному уравнению. 10. Задача о нелинейных гравитационных волнах в жидкости бесконечной глубины.
	<b>Экзамен</b>	ПК-9	

### 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.	
Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 2</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
					2
					3
					4
					5
					6
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	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.	
<b>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</b>					

**Семестр 2**

**Текущий контроль**

**1. Письменное домашнее задание**

Тема 1

В пакете Математика составить программу для определения распределения скоростей указанного профиля.

Варианты Профиль Угол атаки

1. RAE100 2 градуса
2. RAE101 2 градуса
3. RAE102 2 градуса
4. RAE103 2 градуса

5. RAE104 2 градуса
6. RAE2822 2 градуса
7. RAE5213 3 градуса
8. RAE5214 0 градусов
9. FX2 0 градусов
10. Erpler-66 3 градуса
11. Erpler-67 3 градуса

## **2. Письменное домашнее задание**

Тема 2

В пакете Математика составить программы для решения интегральных уравнений Фредгольма и Вольтеры второго рода.

## **3. Письменное домашнее задание**

Темы 3, 4

В пакете Математика составить программу для решения нелинейного интегрального уравнения Урысона.

## **4. Письменное домашнее задание**

Темы 5, 6

В пакете Математика составить программы для решения системы нелинейных интегральных уравнений и интегро-дифференциального уравнения.

## **5. Письменное домашнее задание**

Темы 7, 8

В пакете Математика составить программу для решения нелинейной краевой задачи в полукруге.

## **6. Письменное домашнее задание**

Темы 9, 10

В пакете Математика составить программу для расчета нелинейных гравитационных волн в жидкости бесконечной глубины.

## **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

Вопросы

1. Основные трехмерные потенциалы: равномерный поток, точечный источник, точечный диполь.
2. Комбинация диполя и равномерного потока: обтекание сферы.
3. Интегральное представление гармонической функции в ограниченной области.
4. Интегральное представление гармонической функции в неограниченной области. Неединственность интегральных представлений.
5. Формулировки основных краевых задач. Теорема единственности.
6. Панельный метод низкого порядка для вычисления поверхностных интегралов. Четырехугольный источник или диполь. Глобальная и локальная системы координат. Алгоритм вычисления поверхностных распределений.
7. Интегральное уравнение Морино для задачи об обтекании трехмерного тела.
8. Дискретизация интегральных уравнений в трехмерном случае. Коэффициенты влияния.
9. Постановка задачи об обтекании двумерного профиля. Двумерные аналоги основных потенциалов. Распределения диполей и источников и их свойства.
10. Интегральное представление двумерного потенциала при обтекании профиля и его дискретный аналог. Интегральные уравнения Морино для полного потенциала при решении задачи об обтекании профиля.
11. Интегральные уравнения Морино для возмущенного потенциала при решении задачи об обтекании 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
<b>Семестр 2</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	10
		2	8
		3	8
		4	8
		5	8
		6	8
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. 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 [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. Марон, В.И. Гидравлика двухфазных потоков в трубопроводах : учебное пособие / В.И. Марон. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 256 с. - ISBN 978-5-8114-1235-8. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/3189>
3. Высоцкий, Л.И. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости: учебное пособие / Л.И. Высоцкий, Г.Р. Коперник, И.С. Высоцкий. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 64 с. - ISBN 978-5-8114-1554-0. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/44842>
4. Андреев В.К. Математические модели механики сплошных сред: учебное пособие / В.К. Андреев. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 240 с. - ISBN 978-5-8114-1998-2. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/67464>
5. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль; под редакцией Г. М. Кобелькова; перевод И. О. Арушаняна. - 3-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 323 с. - ISBN 978-5-00101-494-2. - Текст : электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94110>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Новиков, И.И. Термодинамика : учебное пособие / И.И. Новиков. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2009. - 592 с. - ISBN 978-5-8114-0987-7. - Текст : электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/286>
2. Кадет В. В. Перколяционный анализ гидродинамических и электрокинетических процессов в пористых средах: Монография / В.В. Кадет. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 256 с. - (Научная мысль; Гидродинамика). ISBN 978-5-16-005613-5 - URL: <http://znanium.com/catalog/product/346195>
3. Учайкин, В.В. Механика. Основы механики сплошных сред. Задачи с указаниями и ответами: учебное пособие / В.В. Учайкин. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-2803-8. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101845>
4. Шинкин, В.Н. Механика сплошных сред: Курс лекций : учебное пособие / В.Н. Шинкин. - Москва: МИСИ, 2010. - 235 с. - ISBN 978-5-87623-370-7. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2079>

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

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

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

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

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

Методы научного познания: Учебное пособие / С.А. Лебедев. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 272 с - <http://www.znanium.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.
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	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.
письменное домашнее задание	Письменные домашние задания предназначены для самостоятельной проработки лекционного материала и овладения практическими навыками его применения для решения задач. 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.

Вид работ	Методические рекомендации
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)**

Освоение дисциплины "Численно-аналитические методы аэрогидромеханики" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Adobe Reader XI

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

Освоение дисциплины "Численно-аналитические методы аэрогидромеханики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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 .