

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



**УТВЕРЖДАЮ**

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

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Программа дисциплины

Численные методы решения прикладных задач механики и физики Б1.В.ДВ.2

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

**Автор(ы):** Задворнов О.А.

**Рецензент(ы):** Бадриев И.Б.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Казань  
2018

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Задворнов О.А. (кафедра вычислительной математики, отделение прикладной математики и информатики), Oleg.Zadvornov@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
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ПК-2	способностью синтезировать сложные технические системы управления
ОПК-2	способностью разрабатывать эффективные математические методы решения задач естествознания, техники, экономики и управления
ПК-1	способностью анализировать сложные технические системы управления
ПК-4	способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями ООП магистратуры)
ПК-7	способностью разрабатывать и исследовать математические модели объектов, систем, процессов и технологий, предназначенных для проведения расчетов, анализа, подготовки решений
ПК-8	способностью разрабатывать наукоемкое программное обеспечение работы конкретного предприятия

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

математические модели таких процессов, как турбулентность, горение и излучение

Должен уметь:

анализировать и интерпретировать численные результаты

Должен владеть:

знаниями, связанными с тепло-и массообменом, течением жидкости, химическими реакциями и другими процессами, происходящими в элементах технологического оборудования, окружающей среде и живых организмах.

Должен демонстрировать способность и готовность:

построение численного метода, обладающего, насколько это возможно, наибольшей общностью

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.2 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.04 "Прикладная математика (Математическое моделирование)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 1 курсе в 1 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 - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 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	Раздел дисциплины/ модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Математическое описание физических процессов	1	4	2	0	6
2.	Тема 2. Методы дискретизации	1	2	2	0	6
3.	Тема 3. Теплопроводность	1	2	2	0	6
4.	Тема 4. Конвекция и диффузия	1	2	2	0	6
5.	Тема 5. Расчет поля течения	1	2	2	0	6
6.	Тема 6. Замечания об областях	1	2	2	0	8
7.	Тема 7. Специальные случаи	1	2	2	0	8
8.	Тема 8. Примеры применения	1	2	4	0	8
	Итого		18	18	0	54

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Математическое описание физических процессов

Определяющие дифференциальные уравнения. Смысл дифференциального уравнения. Обобщенное дифференциальное уравнение. Выбор координат. Независимые переменные. Правильный выбор координат. Односторонние и двухсторонние координаты. Односторонний характер пространственной координаты.

###### Тема 2. Методы дискретизации

Сущность численных методов. Концепция дискретизации. Структура дискретного аналога исходного уравнения. Методы получения дискретных аналогов. Основные правила построения дискретных аналогов

###### Тема 3. Теплопроводность

Цели. Стационарная одномерная теплопроводность. Нестационарная одномерная теплопроводность. Двух и трехмерные задачи. Методы верхней и нижней релаксаций. Некоторые геометрические соображения

###### Тема 4. Конвекция и диффузия

Рассматриваемая задача. Установившиеся одномерные конвекция и диффузия. Дискретный аналог для двумерных задач.

Дискретный аналог для трехмерных задач. Односторонняя пространственная координата. Схемная искусственная диффузия

###### Тема 5. Расчет поля течения

Обоснование необходимости в специальной методике. Трудности расчета поля давления. Шахматная сетка. Уравнения количества движения. Поправки скорости и давления. Уравнение для поправки давления. Алгоритм SIMPLE. Модифицированный алгоритм SIMPLER

###### Тема 6. Замечания об областях

Итерационный характер методики расчету. Линеаризация источникового члена.

Области с неправильной геометрией. Ортогональные криволинейные координаты. Регулярная сетка с заблокированными областями.

###### Тема 7. Специальные случаи

Двухмерное параболическое течение. Трехмерное параболическое течение. Частично параболическое течение. Метод конечных элементов .

###### Тема 8. Примеры применения

Развивающееся течение в изогнутой трубе. Смешанная конвекция в горизонтальной трубе. Плавление около вертикальной трубы. Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением.

Турбулентная струя в поперечном потоке. Самоперемешивающаяся струя в эжекторе для увеличения тяги.

Периодическое полностью развитое течение в канале. Исследование теплогидравлических характеристик парогенератора

## 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 N301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации N14-55-996ин/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 N 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 N 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 N 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 N 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 N 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 1</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменное домашнее задание	ОК-1 , ОПК-2 , ПК-4 , ПК-7	1. Математическое описание физических процессов 2. Методы дискретизации 4. Конвекция и диффузия 6. Замечания об областях 7. Специальные случаи
2	Контрольная работа	ПК-7 , ОК-1 , ОПК-2 , ПК-4	3. Теплопроводность 5. Расчет поля течения
3	Реферат	ОК-1 , ОПК-2 , ПК-4 , ПК-7	8. Примеры применения
	<b>Экзамен</b>	ОК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-8	

### 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.	
<b>Семестр 1</b>					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<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
Контрольная работа	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.	2
Реферат	Тема раскрыта полностью. Продемонстрировано превосходное владение материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы высокая.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрировано хорошее владение материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы в основном соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы средняя.	Тема раскрыта слабо. Продемонстрировано удовлетворительное владение материалом. Используемые источники и структура работы частично соответствуют поставленным задачам. Степень самостоятельности работы низкая.	Тема не раскрыта. Продемонстрировано неудовлетворительное владение материалом. Используемые источники недостаточны. Структура работы не соответствует поставленным задачам. Работа несамостоятельна.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<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.	

**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 1**

**Текущий контроль**

**1. Письменное домашнее задание**

Темы 1, 2, 4, 6, 7

Смысл дифференциального уравнения.

Сохранение химической компоненты.

Уравнение энергии.

Уравнение количества движения.

Усредненные по времени уравнения для турбулентного течения.

Уравнение для кинетической энергии турбулентности.

Обобщенное дифференциальное уравнение.

Независимые переменные.

Правильный выбор координат.

Односторонние и двухсторонние координаты.

Односторонний характер пространственной координаты.

Термины параболический, эллиптический, гиперболический.

Концепция дискретизации.

Структура дискретного аналога исходного уравнения.

Использование рядов Тэйлора.

Вариационный метод.

Метод взвешенных невязок.

Метод контрольного объема.

Пример применения метода контрольного объема.

Правило 1. Соответствие потоков на границах контрольного объема.

Правило 2. Положительность коэффициентов.

Правило 3. Отрицательность коэффициента при линеаризации источникового члена.

Правило 4. Сумма соседних коэффициентов.

Основные уравнения стационарной одномерной теплопроводности.

Сетка одномерной задачи теплопроводности.  
Теплопроводность граней контрольного объема.  
Нелинейность одномерной задачи теплопроводности.  
Граничные условия одномерной задачи теплопроводности.  
Решение линейных алгебраических уравнений.  
Обобщенный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.  
Явная, Кранка ? Николсона и полностью неявная схемы.  
Полностью неявный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.  
Дискретный аналог для двух измерений.  
Дискретный аналог для трех измерений.  
Решение алгебраических уравнений.  
Поточечный последовательный метод Гаусса ? Зейделя.  
Критерий Скарбороу.  
Метод переменных направлений (полинейный метод).  
Методы верхней и нижней релаксации.  
Расположение граней контрольного объема.  
Другие системы координат.  
Понятия конвекции и диффузии.  
Установившиеся одномерные конвекция и диффузия.  
Предварительный анализ.  
Схема против потока.  
Экспоненциальная схема.  
Комбинированная схема.  
Схема со степенным законом.  
Общая формулировка дискретного аналога.  
Результаты применения различных схем.  
Дискретный аналог для двумерных задач.  
Дискретный аналог для трехмерных задач.  
Односторонняя пространственная координата.  
Условие на выходной границе потока.  
Общий взгляд на искусственную диффузию.  
Детальный анализ искусственной диффузии.  
Основная трудность определения поля скорости.  
Методы, основанные на решении уравнения для вихря.  
Трудности расчета поля давления.  
Аппроксимация градиента давления.  
Аппроксимация уравнения неразрывности.  
Шахматная сетка.  
Уравнения количества движения.  
Поправки скорости и давления.  
Уравнение для поправки давления.  
Алгоритм SIMPLE.  
Граничные условия к уравнению для поправки давления.  
Относительный характер давления.  
Модифицированный алгоритм simpler.  
Причина разработки модифицированного варианта.  
Уравнение для давления.  
Итерационный характер методики расчета.  
Линеаризация источникового члена.  
Линеаризация источника для случая всегда положительных переменных.  
Области с неправильной геометрией.  
Ортогональные криволинейные координаты.  
Регулярная сетка с заблокированными областями.  
Сопряженный теплообмен.  
Двухмерное параболическое течение.  
Трехмерное параболическое течение.  
Частично параболическое течение.  
Метод конечных элементов.  
Метод конечных элементов на основе интегрирования по контрольному объему.  
Развивающееся течение в изогнутой трубе.  
Смешанная конвекция в горизонтальной трубе.

Плавление около вертикальной трубы.

Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением.

Турбулентная струя в поперечном потоке.

Самоперемешивающаяся струя в эжекторе для увеличения тяги.

Периодическое полностью развитое течение в канале.

Исследование теплогидравлических характеристик парогенератора

## 2. Контрольная работа

Темы 3, 5

Основная трудность определения поля скорости.

Методы, основанные на решении уравнения для вихря.

Трудности расчета поля давления.

Аппроксимация градиента давления.

Аппроксимация уравнения неразрывности.

Шахматная сетка.

Уравнения количества движения.

Поправки скорости и давления.

Уравнение для поправки давления.

Алгоритм SIMPLE.

Граничные условия к уравнению для поправки давления.

Относительный характер давления.

Модифицированный алгоритм *simpler*.

Причина разработки модифицированного варианта.

Уравнение для давления.

Задачи

1 Когда задано значение температуры на границе, уравнение для половинного контрольного объема не может быть использовано для получения поля температур. Означает ли это, что для всей расчетной области при заданных температурных граничных условиях не соблюден закон сохранения энергии

2 Рассмотрите нестационарную теплопроводность в бесконечной пластине. Одна сторона пластины изолирована, к другой подводится постоянный тепловой поток. После начального периода профиль температуры приобретает постоянную форму и все температуры будут возрастать во времени с постоянной скоростью. Эта скорость связана с суммарным тепловым потоком через поверхность. Поставьте и решите задачу методом стационарной теплопроводности

## 3. Реферат

Тема 8

Примерные темы:

Развивающееся течение в изогнутой трубе. Смешанная конвекция в горизонтальной трубе. Плавление около вертикальной трубы. Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением. Турбулентная струя в поперечном потоке. Самоперемешивающаяся струя в эжекторе для увеличения тяги. Периодическое полностью развитое течение в канале. Исследование теплогидравлических характеристик парогенератора

## Экзамен

Вопросы к экзамену:

Билеты для экзамена

Билет 1

1. Явная, Кранка - Николсона и полностью неявная схемы.

2. Структура дискретного аналога исходного уравнения.

Билет 2

1. Уравнение для поправки давления.

2. Правило применения метода контрольного объема. Соответствие потоков на границах контрольного объема.

Билет 3

1. Модифицированный алгоритм *simpler*. Уравнение для давления.

2. Метод конечных элементов на основе интегрирования по контрольному объему.

Билет 4

1. Поточечный последовательный метод Гаусса - Зейделя.

2. Правило применения метода контрольного объема. Положительность коэффициентов. Билет 5

1. Уравнение количества движения.

2. Алгоритм SIMPLE. Граничные условия к уравнению для поправки давления.

Билет 6

1. Сетка одномерной задачи теплопроводности.

2. Общий взгляд на искусственную диффузию.

Билет 7

Регистрационный номер 9109714 Страница 11 из 14.

1. Метод контрольного объема.

2. Правило применения метода контрольного объема. Отрицательность коэффициента при линеаризации источникового члена.

Билет 8

1. Усредненные по времени уравнения для турбулентного течения.
2. Области с неправильной геометрией.

Билет 9

1. Трехмерное параболическое течение.
2. Односторонний характер пространственной координаты.

Билет 10

1. Общая формулировка дискретного аналога.
2. Полностью неявный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.

Билет 11

1. Обобщенный дискретный аналог нестационарной одномерной задачи теплопроводности.
2. Турбулентная струя в поперечном потоке.

Билет 12

1. Периодическое полностью развитое течение в канале.
2. Правило применения метода контрольного объема. Сумма соседних коэффициентов. Билет 13

1. Метод переменных направлений (полинейный метод).
2. Установившиеся одномерные конвекция и диффузия.

Билет 14

1. Турбулентное течение и теплообмен в трубах с внутренним оребрением.
2. Граничные условия одномерной задачи теплопроводности.

Билет 15

1. Нелинейность одномерной задачи теплопроводности.
2. Экспоненциальная схема.

#### 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 1</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	28
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	12
Реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.	3	10

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
		Всего:	50
Экзамен	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:

- Амосов, А.А. Вычислительные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург: Лань, 2014. ? 672 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42190>
- Карчевский, М.М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.М. Карчевский, М.Ф. Павлова. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 276 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72983>
- Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. ? Электрон. дан. ? Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 639 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70767>

### 7.2. Дополнительная литература:

- Ф. Г. Авхадиев Численные методы анализа [Учебное пособие]. - Казань: КФУ, 2013  
[http://libweb.ksu.ru/ebooks/05\\_039\\_000398.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf)
- Елизаров А. М. Краевые задачи механики жидкости и газа: Учебное пособие - Казань, Казанский Ун-т, 2013 197 с. [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05\\_038\\_000450.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05_038_000450.pdf)
- Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. ? Электрон. дан. ? Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 243 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70743>

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

- Учебное пособие - [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05\\_038\\_000450.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05_038_000450.pdf)  
Учебное пособие - [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=80891](http://kpfu.ru/publication?p_id=80891)  
Учебное пособие - [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05\\_039\\_000398.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf)  
Учебное пособие - [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=21045](http://kpfu.ru/publication?p_id=21045)

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

Главная цель освоения дисциплины (или модуля) 'Численные методы решения прикладных задач механики и физики' заключается в разработке обобщенного метода расчета тепло- и массообмена, течений жидкости и связанных с ними процессов. Среди различных методов расчета многообещающим является численное решение.

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

Освоение дисциплины "Численные методы решения прикладных задач механики и физики" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и 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 "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 "Численные методы решения прикладных задач механики и физики" 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.

## **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 01.04.04 "Прикладная математика" и магистерской программе Математическое моделирование .