МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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. Д.А. Таюрский
_____ «___»_____20__г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Математические модели процессов переноса Б1.В.ДВ.3

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика
Профиль подготовки: Математическое моделирование
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2016
Автор(ы): Саламатин А.Н.
Рецензент(ы): Бахтиева Л.У.

СОГЛАСОВАНО:
Заведующий(ая) кафедрой: Плещинский Н. Б.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 20__г.
Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:
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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Саламатин А.Н. (Кафедра прикладной математики, отделение прикладной математики и информатики), Andrey.Salamatin@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-3	Способность использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности
ОК-4	Способность использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности
ОПК-1	Готовность к самостоятельной работе
ПК-10	Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов
ПК-11	Готовность применять знания и навыки управления информацией

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

По окончанию курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных нестационарных

математической физики.

Должен уметь:

По окончанию курса студенты должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине.

Должен владеть:

По окончанию курса студенты должны демонстрировать способность и готовность

применять полученные знания для решения нелинейных нестационарных задач прикладного характера.

Должен демонстрировать способность и готовность:

По окончанию курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных нестационарных

математической физики; должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине; должны демонстрировать способность и готовность

применять полученные знания для решения нелинейных нестационарных задач прикладного характера.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.3 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Математическое моделирование)" и относится к дисциплинам по выбору.
Осваивается на 2 курсе в 4 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 - 54 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 18 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 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. Примеры нестационарных уравнений математической физики	4	4	0	2	4
2.	Тема 2. Разностные схемы для уравнения переноса.	4	4	0	2	4
3.	Тема 3. Разностные схемы для одномерных уравнений теплопроводности с постоянными коэффициентами.	4	4	0	2	4
4.	Тема 4. Разностные схемы для уравнений теплопроводности с несколькими пространственными переменными.	4	4	0	2	4
5.	Тема 5. Разностные схемы для уравнения колебаний однородной струны.	4	4	0	2	4
6.	Тема 6. Однородные разностные схемы для уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.	4	4	0	2	4
7.	Тема 7. Консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений теплопроводности.	4	4	0	2	4
8.	Тема 8. Трехслойные разностные схемы для гиперболических уравнений.	4	4	0	2	4
9.	Тема 9. Консервативные разностные схемы нестационарной газовой динамики.	4	4	0	2	4
	Итого		36	0	18	36

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Примеры нестационарных уравнений математической физики

Рассматриваются задачи для уравнений параболического и гиперболического типов, описывающие процессы теплопроводности, продольных колебаний стержня, малых колебаний струны. Вывод уравнений теплопроводности в случае сосредоточенного источника тепла, сосредоточенной теплоемкости, сосредоточенной массы, составного стержня

Тема 2. Разностные схемы для уравнения переноса.

Разностные схемы с весами для уравнений первого порядка. Уравнение переноса. Явные схемы для задачи Коши. Исследование погрешности аппроксимации. Краевая задача для уравнения переноса. Семейство разностных схем с весами. Исследование погрешности аппроксимации. Исследование устойчивости по начальным данным.

Тема 3. Разностные схемы для одномерных уравнений теплопроводности с постоянными коэффициентами.

Разностные схемы с весами для уравнений второго порядка. Исследование погрешности аппроксимации для разностных схем с весами для уравнений второго порядка. Устойчивость по начальным данным. Устойчивость по правой части. Метод энергетических неравенств. Сходимость разностных схем. Трехслойные разностные схемы.

Тема 4. Разностные схемы для уравнений теплопроводности с несколькими пространственными переменными.

Явная двухслойная разностная схема. Условная устойчивость явной схемы. Явная трехслойная разностная схема: схема Ричардсона. Схемы с весами. Вычисление погрешности аппроксимации. Схема повышенного порядка аппроксимации. Методы решения: метод переменных направлений, экономичные факторизованные схемы.

Тема 5. Разностные схемы для уравнения колебаний однородной струны.

Разностные схемы с весами. Аппроксимация начальных условий. Аппроксимация краевых условий второго и третьего рода. Вычисление погрешности аппроксимации. Построение разностной схемы повышенной погрешности аппроксимации. Исследование устойчивости по начальным данным. Метод энергетических неравенств исследования устойчивости .

Тема 6. Однородные разностные схемы для уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.

Построение однородной разностной схемы интегро- интерполяционным методом. Явная разностная схема. Неявная разностная схема. Методы решения схем. Схема с весами. Вычисление погрешности аппроксимации. Исследование устойчивости методом энергетических неравенств. Исследование сходимости разностных схем.

Тема 7. Консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений теплопроводности.

С помощью метода сумматорных тождеств строятся консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений с условиями Дирихле на границе. С помощью метода сумматорных тождеств строятся консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений с условиями Неймана на границе. Итерационные методы решения: метод Ньютона, метод с опусканием нелинейности на нижнюю итерацию.

Тема 8. Трехслойные разностные схемы для гиперболических уравнений.

Рассматривается уравнения колебаний пластины. Строятся трехслойные схемы с весами. Исследуются разрешимость и сходимость трёхслойной разностной схемы для гиперболического уравнения с условиями Дирихле на границе. Исследуются разрешимость и сходимость трёхслойной разностной схемы для гиперболического уравнения с условиями Неймана на границе.

Тема 9. Консервативные разностные схемы нестационарной газовой динамики.

Вывод уравнения одномерной газовой динамики. Уравнение с псевдовязкостью. Построение консервативной однородной разностной схемы интегро-интерполяционным методом. Построение полностью консервативной разностной схемы. Схема "крест". Методы решения разностных схем. Метод Ньютона. Исследование сходимости метода Ньютона.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

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

Положение от 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"".

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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
Семестр 4			
	Текущий контроль		
1	Творческое задание	ОК-3 , ОПК-1 , ПК-11	3. Разностные схемы для одномерных уравнений теплопроводности с постоянными коэффициентами.
2	Письменная работа	ОК-4 , ПК-10	8. Трехслойные разностные схемы для гиперболических уравнений.
3	Контрольная работа	ОК-3 , ОПК-1	9. Консервативные разностные схемы нестационарной газовой динамики.
	Экзамен	ОК-3, ОК-4, ОПК-1, ПК-10, ПК-11	

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

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	**Хорошо**	**Удовл.**	**Неуд.**	
Семестр 4					
Текущий контроль					
Творческое задание	Продемонстрирован высокий уровень знаний и умений, необходимых для выполнения задания. Работа полностью соответствует требованиям профессиональной деятельности. Отличная способность применять имеющиеся знания и умения для решения практических задач. Высокий уровень креативности, самостоятельности. Соответствие выбранных методов поставленным задачам.	Продемонстрирован средний уровень знаний и умений, необходимых для выполнения задания. Работа в основном соответствует требованиям профессиональной деятельности. Хорошая способность применять имеющиеся знания и умения для решения практических задач. Средний уровень креативности, самостоятельности. Выбранные методы в целом соответствуют поставленным задачам.	Продемонстрирован низкий уровень знаний и умений, необходимых для выполнения задания. Работа частично соответствует требованиям профессиональной деятельности. Удовлетворительная способность применять имеющиеся знания и умения для решения практических задач. Низкий уровень креативности, самостоятельности. Выбранные методы частично соответствуют поставленным задачам.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень знаний и умений, необходимых для выполнения задания. Работа не соответствует требованиям профессиональной деятельности. Неудовлетворительная способность применять имеющиеся знания и умения для решения практических задач. Недостаточный уровень креативности, самостоятельности. Выбранные методы не соответствуют поставленным задачам.	1

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	**Хорошо**	**Удовл.**	**Неуд.**	
Письменная 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 серьёзные 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
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 серьёзные 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.	3
Экзамен	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 4

Текущий контроль

1. Творческое задание

Тема 3

Однородные разностные схемы для уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами:

1. Создать комплекс программ, позволяющих решить явную разностные схемы для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Отладить построенные программы, провести их тестирование.
Провести численное исследование устойчивости и погрешности решения явной разностной схемы. По результатам работы оформить отчет.
2. Создать комплекс программ, позволяющих решить неявную разностные схемы для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Отладить построенные программы, провести их тестирование.
Провести численное исследование устойчивости и погрешности решения неявной разностной схемы. По результатам работы оформить отчет.
3. Создать комплекс программ, позволяющих решить симметричную разностную схему с весами для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Отладить построенные программы, провести их тестирование.
Провести численное исследование устойчивости и погрешности решения неявной разностной схемы. По результатам работы оформить отчет.
4. Создать комплекс программ, позволяющих решить разностную схему с весами для одномерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Отладить построенные программы, провести их тестирование.
Провести численное исследование устойчивости и погрешности решения разностной схемы при различных значениях веса. По результатам работы оформить отчет.

Разностные схемы для квазилинейных уравнений теплопроводности:

1. Найти аналитическое решение для квазилинейного уравнения теплопроводности.
2. Построить явную разностную схему.
3. Создать комплекс программ, позволяющих решить явную разностную схему . Отладить построенные программы, провести их тестирование.
Провести численное исследование устойчивости явной разностной схемы.
4. Построить неявную разностную схему.
5. Для решения неявной схемы использовать итерационный метод Ньютона. Создать комплекс программ, позволяющих решить неявную разностные схемы . Отладить построенные программы, провести их тестирование.
Провести численное исследование сходимости метода Ньютона.
6. Для решения неявной схемы использовать итерационный метод с опусканием нелинейности на нижнюю итерацию. Создать комплекс программ, позволяющих решить неявную разностные схемы . Отладить построенные программы, провести их тестирование. Провести численное исследование сходимости итерационного метода.
7. Построить неявную разностную схему с опусканием нелинейности на нижний временной слой. Для решения схемы использовать метод прогонки. Создать комплекс программ, позволяющих решить разностную схему . Отладить построенные программы, провести их тестирование. Провести численное исследование устойчивости и погрешности решения разностной схемы.
8. Сравнить качественные свойства разностных схем. По результатам работы оформить отчет.

2. Письменная работа

Тема 8

На письменную работу выносятся вопросы:

1. Явная трехслойная разностная схема Ричардсона. Вычисление погрешности аппроксимации.
2. Трехслойная схема "ромб". Вычисление погрешности аппроксимации.
3. Неявная трехслойная симметричная разностная схема. Вычисление погрешности аппроксимации.
4. Неявная трехслойная несимметричная разностная схема. Вычисление погрешности аппроксимации.
5. Явная двухслойная схема. Вычисление погрешности аппроксимации.
6. Неявная двухслойная схема. Вычисление погрешности аппроксимации.
7. Симметричная двухслойная схема с весами. Вычисление погрешности аппроксимации.
8. Двухслойная разностная схема с весами. Исследование погрешности аппроксимации от значения параметра веса.
9. Исследование устойчивости явной разностной схема по начальным данным.
10. Исследование устойчивости неявной разностной схема по начальным данным.

3. Контрольная работа

Тема 9

На контрольную работу выносятся вопросы:

1. Аппроксимация уравнения колебания струны.
2. Аппроксимация начальных условий.
3. Аппроксимация краевого условия для колебания струны с сосредоточенной массой на одном конце.
4. Аппроксимация краевого условия для колебания струны со свободным концом.
8. Аппроксимация уравнения вынужденных колебаний струны.
9. Аппроксимация уравнения колебаний струны с сосредоточенной силой.
10. Аппроксимация уравнения колебаний струны с сосредоточенной массой.

Экзамен

Вопросы к экзамену:

Вопросы на экзамен:

1. Понятие однородности разностной схемы.
2. Понятие консервативности разностной схемы.
3. Схемы с весами для уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами.
4. Исследование погрешности аппроксимации.
5. Методы реализации неявной схемы.
6. Устойчивость по начальным данным.
7. Устойчивость по правой части.
8. Исследование устойчивости методом энергетических неравенств.
9. Построение разностных схем для многомерного уравнения теплопроводности.
10. Исследование устойчивости разностных схем для многомерного уравнения теплопроводности.
11. Разностные схемы для уравнения переноса.
12. Исследование устойчивости разностных схем для уравнения переноса по начальным данным.
13. Построение разностных схем для уравнения колебаний однородной струны.
14. Аппроксимация начальных условий для уравнения колебаний однородной струны.
15. Исследование устойчивости по начальным данным для уравнения колебаний однородной струны.
16. Примеры квазилинейных параболических уравнений.
17. Построение схем для квазилинейных параболических уравнений интегро-интерполяционным методом.
18. Неявная разностная схема для квазилинейного параболического уравнения. Методы решения.
19. Неявная разностная схема для квазилинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний временной слой. Методы решения.
20. Построение консервативной схемы для уравнения газовой динамики.

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

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

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 4			
Текущий контроль			
Творческое задание	Обучающиеся выполняют задания, требующие создания уникальных объектов определённого типа. Тип объекта, его требуемые характеристики и методы его создания определяются потребностями профессиональной деятельности в соответствующей сфере либо целями тренировки определённых навыков и умений. Оцениваются креативность, владение теоретическим материалом по теме, владение практическими навыками.	1	30

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	10
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.	3	10
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:

1. Практические занятия по механике сплошной среды: учебно-методическое пособие / Казан. (Приволж.) федер. ун-т; [сост. к.ф.-м.н. К. А. Поташев]. - Казань: [Казанский университет], 2010. - 43 с.

2. Победря Б. Е. и др. Основы механики сплошной среды. Курс лекций / Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. - М.:ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 272 с.: ISBN 5-9221-0649-X - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/544635

3. Андреев, В.К. Математические модели механики сплошных сред [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.К. Андреев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 240 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/67464

4. Учайкин, В.В. Механика. Основы механики сплошных сред [Электронный ресурс] : учебник / В.В. Учайкин. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 860 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91899

7.2. Дополнительная литература:

1. Доманский, И.В. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Доманский, В.А. Некрасов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 140 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/110915

2. Саламатин А.Н. Математическое моделирование процессов переноса. - Казань, КГУ, 1991. - 81 с.

3. Стрелков, С.П. Механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.П. Стрелков. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2005. - 560 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/589

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

Глазырина Л. Л.. Введение в численные методы: учебное пособие / Л. Л. Глазырина, М. М. Карчевский; Казан. федер. ун-т.- Казань: Казанский университет, 2012.- 121, [1] с.: ил.; 21.- Библиогр. в конце кн. (3 назв.). - http://repository.kpfu.ru/?p_id=47327

Зализняк, В. Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 174 с. - ISBN 978-5-7638-2498-8. - http://www.znanium.com/go.php?id=441232

Калиткин Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. ? 2-е изд., исправленное. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 586 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0500-0. - ISBN 978-5-9775-0500-0. - http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350803

Карчевский М.М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы : : Учебное пособие. - 2-е изд., доп. / М. М. Карчевский, М. Ф. Павлова .-- СПб.: Издательство 'Лань', 2016. -276 с. ; 21 .- Библиогр.: с. 271-274 (53 назв.) .- Предм. указ.: с. 268-270 . - https://e.lanbook.com/reader/book/72983/#1

Лекции по численным методам математической физики: Учебное пособие / М.В. Абакумов, А.В. Гулин; МГУ им. М.В. Ломоносова - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 158 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-006108-5, 500 - http://znanium.com/bookread.php?book=364601

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение рекомендованной литературы. Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом. Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.
лабораторные работы	Обучающиеся выполняют задания, требующие создания уникальных объектов определённого типа. Тип объекта, его требуемые характеристики и методы его создания определяются потребностями профессиональной деятельности в соответствующей сфере либо целями тренировки определённых навыков и умений. Оцениваются креативность, владение теоретическим материалом по теме, владение практическими навыками.
самостоя-тельная работа	Изучение данного курса предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над теоретическим материалом, текстами рекомендованных учебников и учебных пособий; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Студентам следует стремиться к активизации знаний на занятиях по другим естественно-научным дисциплинам, связанным с данным курсом. Основной целью самостоятельных занятий по данному курсу является углубленное изучение основных принципов построения приближенных схем, которые используются при аппроксимации граничных задач для дифференциальных уравнений и интегральных уравнений. При подготовке к каждому занятию необходимо обратиться к учебному пособию. Необходимо также изучить литературу и интернет-источники по данной теме, чтобы уточнить определения, формулировки основных результатов, найти аналоги решаемым задачам и выполняемым упражнениям. При работе с примерами необходимо стремиться не только к узнаванию алгоритма решения каждой конкретной задачи, но и к пониманию цели его употребления в данном контексте, функциональной нагрузки, которой данный пример обладает. Самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу. Этапы выполнения самостоятельных работ: 1. Просмотр учебного пособия и рекомендуемой литературы по теме задания. 2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника или учебника. 3. Выполнение заданий по теме и их комментирование.
творческое задание	Обучающиеся выполняют задания, требующие создания уникальных объектов определённого типа. Тип объекта, его требуемые характеристики и методы его создания определяются потребностями профессиональной деятельности в соответствующей сфере либо целями тренировки определённых навыков и умений. Оцениваются креативность, владение теоретическим материалом по теме, владение практическими навыками.

Вид работ	Методические рекомендации
письменная работа	При подготовке к выполнению письменных работ обучающемуся рекомендуется повторить весь теоретический материал по соответствующим темам с выявлением ключевых теоретических аспектов и проблем, проработкой дополнительного материала по темам. Лучшему пониманию теоретического материала дисциплины будет способствовать разбор деталей определений, вывода и доказательств утверждений, выявление взаимосвязей между определениями, утверждениями и свойствами объектов, изучаемых в дисциплине. Важным аспектом по освоению дисциплины является планомерное выполнение всех основных и дополнительных заданий преподавателя.
контрольная работа	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 оцениваются также ораторские способности.
экзамен	При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, каждый день контролировать выполнение работы. Лучше, если можно, перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени, который полезно использовать для повторения материала.

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

Освоение дисциплины "Математические модели процессов переноса" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

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 "Математические модели процессов переноса" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки "Математическое моделирование".