

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



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Численные методы прикладной математики

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

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Коныхов В.М. (Кафедра прикладной математики, отделение прикладной математики и информатики), Vladimir.Konyukhov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	Способность использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования
ПК-1	Способность использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на ЭВМ, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение
ПК-11	Готовность применять знания и навыки управления информацией

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные положения математической физики, теории дифференциальных уравнений

Должен уметь:

Строить разностные схемы и схемы метода конечных элементов для решения одно- и многомерных уравнений различного типа.

Должен владеть:

навыками применения итерационных методов для решения систем алгебраических уравнений с разреженными матрицами

Должен демонстрировать способность и готовность:

проводить анализ разностных схем

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.17 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Математическое моделирование)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3 курсе в 6 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 - 72 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 72 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 18 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 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	
	Тема 1. Математическое					

моделирование физических процессов

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Дискретизация области непрерывного изменения аргументов	6	0	0	8	2
3.	Тема 3. Консервативные и неконсервативные РС	6	0	0	10	2
4.	Тема 4. Численные методы решения интегро - дифференциальных уравнений	6	0	0	8	2
5.	Тема 5. Методы решения многомерных уравнений	6	0	0	12	2
6.	Тема 6. Вариационные методы	6	0	0	8	2
7.	Тема 7. Метод конечных элементов	6	0	0	8	3
8.	Тема 8. Двухфазная фильтрация в пласте (вытеснение нефти водой)	6	0	0	10	3
	Итого		0	0	72	18

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Математическое моделирование физических процессов

Общие этапы построения математической модели и ее численной реализации (выбор модели реального физического процесса и основных его параметров, математическое описание идеализированного процесса, конкретизация и замыкание математической модели, построение разностной схемы, выбор метода ее решения, алгоритмизация и составление программы, отладка и тестирование, анализ результатов расчетов).

Тема 2. Дискретизация области непрерывного изменения аргументов

Дискретизация области непрерывного изменения аргументов, равномерные и неравномерные сетки, сеточные функции, аппроксимация дифференциальных и интегральных операторов, погрешность аппроксимации.

Примеры построения разностных аппроксимаций стационарных и нестационарных дифференциальных уравнений параболического типа с нелинейными свойствами. Явные и неявные РС

Тема 3. Консервативные и неконсервативные РС

Изотермические и неизомермические задачи с подвижными границами в газовой динамике. Постановка задач в Эйлеровых и Лагранжевых координатах. Построение консервативных схем интегро-интерполяционным методом и методом сумматорных тождеств на примере этих задач. Анализ построенных схем. Примеры нарушения консервативности РС. Принципы построения полностью консервативных разностных схем.

Тема 4. Численные методы решения интегро - дифференциальных уравнений

1. Аппроксимация искомых функций и ядра, входящих в подынтегральное выражение на примере решения задачи о распределении давления в пласте.

2. Схема решения нелинейного уравнения пьезопроводности.

3. Расчет гидродинамических характеристик жидкостного потока в нефтяной скважине с учетом взаимосвязи с пластом.

Тема 5. Методы решения многомерных уравнений

1. Экономичные разностные схемы для уравнений параболического типа в прямоугольной области.

2. Продольно-поперечная разностная схема.

3. Локально-одномерная схема.

4. Аппроксимация и устойчивость схем.

5. Особенности аппроксимации граничных условий.

6. Обобщение на случай произвольной области и анизотропии.

Тема 6. Вариационные методы

1. Слабая формулировка задач (на примере одномерной и двумерной задач теплопроводности).

2. Эквивалентность формулировок задачи в слабой формулировке и задачи минимизации функционала.

3. Вариационный метод Галеркина. Построение базисных функций.

4. Метод Рунге. Построение базисных функций.

6. Понятие о методе конечных элементов.

Тема 7. Метод конечных элементов

Построение разбиения области конечными элементами. Линейные преобразования элементов произвольной формы в базисные. Примеры построения базисных функций. Вычисление матрицы жесткости и "вектора сил" на базисном элементе. Построение расширенных векторов и сборка глобальной матрицы жесткости и вектора сил. Методы решения разреженных систем алгебраических уравнений с положительно определенной симметричной матрицей (наискорейшего спуска, сопряженных невязок, разложения Холецкого).

Тема 8. Двухфазная фильтрация в пласте (вытеснение нефти водой)

1. Конкретизация задачи в случае плоскопараллельной фильтрации в разрезе слоисто-неоднородного пласта.
2. Граничные условия на нагнетательной и добывающей галереях.
3. Общие разностные уравнения для двумерной задачи фильтрации.
4. Особенности аппроксимации нелинейного квазистационарного эллиптического уравнения для расчета давления.
5. Итерационный метод решения нелинейной системы алгебраических уравнений для давления.

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"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

KN_2009 - https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F1235006576/Kniga_09.pdf

KN_2012 - <https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F398479449/Kniga.forsirovannyj.otbor.pdf>

KN_2016 - https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F2052057240/MAT_MOD_2016.pdf

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

МФ - <http://www.pm298.ru/mfizika.php>

МФ-Абакумов - <http://znanium.com/go.php?id=364601>

ЧМ-Калиткин - <http://znanium.com/catalog/product/944508>

ЧМ-Конюхов - http://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F2052057240/MAT_MOD_2016.pdf

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

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	При выполнении лабораторных работ необходимо использовать теоретический материал, делать ссылки на соответствующие теоремы, свойства, формулы и пр. Решение задач излагается подробно и содержит необходимые пояснительные ссылки. Текущие задания на лабораторные работы выдаются каждую неделю на практическом занятии. Индивидуальные домашние задания выдаются на практических занятиях в начале изучения соответствующих тем.
самостоятельная 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.
экзамен	При подготовке к экзамену обучающемуся рекомендуется составить план процесса подготовки, включающей изучение, повторение, систематизацию, логическую обработку материала, анализ полученной информацией с выявлением возможных следствий и неявных свойств объектов, составлением списка возможных дополнительных вопросов и заданий, подготовку к выполнению теоретических и практических задач по темам дисциплины.

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

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

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

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

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

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.17 Численные методы прикладной математики

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

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

Основная литература:

1. Широкова Е.А. Уравнения математической физики: методическое пособие / Е. А. Широкова, В. А. Сочнева; ФГАОУВПО 'Казан. (Приволж.) федер. ун-т'. Казань: [Казанский университет], 2010. - 51 с.
2. Салехова И. Г., Аблаева С. Г. Методическое пособие для проведения практических занятий по курсу 'Уравнения математической физики'. - Казань : Казанский федеральный университет, 2010) . - 149 с.
Режим доступа: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21708/0-785436.pdf>
3. Глазырина Л.Л. Введение в численные методы: 3. учебное пособие / Л. Л. Глазырина, М. М. Карчевский; Казан. федер. ун-т.-Казань: Казанский университет, 2012.- 121 с.
Режим доступа: https://repository.kpfu.ru/?p_id=47327
4. Авхадиев Ф.Г. Численные методы анализа [Учебное пособие]. - Казань: КФУ, 2013. - 126 с.
Режим доступа: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21350/05_039_000398.pdf

Дополнительная литература:

1. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. - М.: Наука, 1971, 553 с.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы. - М.: Наука, 1978, 512 с.
3. Дияшев Р.Н. Форсированный отбор жидкости из коллекторов с двойной пористостью, насыщенных нефтью нефтями
[Text] / Р.Н. Дияшев, Р.С. Хисамов, В.М. Конюхов, А.Н. Чекалин / Казань: Фэн, 2012. - 247 с.
Режим доступа: <http://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F398479449/Kniga.forsirovannyj.otbor.pdf>
4. Чекалин А.Н. Двухфазная многокомпонентная фильтрация в нефтяных пластах сложной структуры.
[Text] / А.Н. Чекалин, В.М. Конюхов, А.В. Костерин / Казань: Изд-во Казан-ского гос. ун-та, 2009. - 180с.
Режим доступа: http://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F1235006576/Kniga_09.pdf
5. Конюхов В.М. Численное моделирование и метод планирования вычислительных экспериментов.
Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. /В.М. Конюхов, А.Н. Чекалин, И.В. Конюхов / Казань, Казанский федеральный университет, 2016. - 30 с.
Режим доступа: http://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F758432210/MM_BE_2016.pdf
6. Конюхов В.М. Математические модели и численные методы решения уравнений переноса рассолов в водоносных пластах.
Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / Конюхов В.М., Чекалин А.Н., Храменков М.Г. / Казань, Казанский федеральный университет, 2016. - 55 с.
Режим доступа: http://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F2052057240/MAT_MOD_2016.pdf

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.17 Численные методы прикладной математики

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

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

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.