МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский
_____ « 01 » июня 2021 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Численные методы

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование
Профиль подготовки: Механика и математическое моделирование
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2021

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Насибуллин Р.Г. (Кафедра теории функций и приближений, отделение математики), rnasibul@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Ожегова А.В. (Кафедра теории функций и приближений, отделение математики), Alla.Ozhegova@kpfu.ru

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

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	Способен применять методы математического и алгоритмического моделирования, современный математический аппарат в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности
ОПК-4	Способен применять современные информационные технологии, использовать и создавать программные средства для решения задач науки и техники

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

идеи, лежащие в основе численных методов, роль этих методов в современной математике и механике, алгоритмы основных аппроксимативных методов и условия их применимости.

Должен уметь:

ориентироваться в потоке информации о численных методах, уметь их практически применить к конкретным задачам механики.

Должен владеть:

навыками применения численных методов и доведения решения различных классов задач до числа.

Должен демонстрировать способность и готовность:

к применению известных алгоритмов численного решения и построению новых, анализу полученных результатов.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.07 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.03 "Механика и математическое моделирование (Механика и математическое моделирование)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 2, 3 курсах в 4, 5 семестрах.

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 7 зачетных(ые) единиц(ы) на 252 часа(ов).

Контактная работа - 136 часа(ов), в том числе лекции - 66 часа(ов), практические занятия - 68 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 2 часа(ов).

Самостоятельная работа - 53 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 63 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 семестре; экзамен в 5 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, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение в численные методы	4	2	0	0	0	0	0	0
2.	Тема 2. Интерполирование функций	4	8	0	12	0	0	0	2
3.	Тема 3. Наилучшее приближение функций	4	4	0	4	0	0	0	2
4.	Тема 4. Приближенное вычисление интегралов	4	8	0	8	0	0	0	2
5.	Тема 5. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений	4	6	0	6	0	0	0	4
6.	Тема 6. Приближенные методы решения нелинейных уравнений и систем	4	4	0	4	0	0	0	4
7.	Тема 7. Полная и частичная проблемы собственных значений	5	4	0	6	0	0	0	4
9.	Тема 9. Приближенные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	5	10	0	12	0	0	0	12
10.	Тема 10. Приближенные методы решения уравнений в частных производных	5	12	0	10	0	0	0	13
11.	Тема 11. Приближенные методы решения интегральных уравнений	5	8	0	6	0	0	0	10
	Итого		66	0	68	0	0	0	53

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в численные методы

Предмет и метод вычислительной математики. Основные задачи курса. Основные источники и классификация погрешностей. способы оценки погрешностей. Сведения о математическом моделировании и вычислительном эксперименте. Краткая история развития численных методов. история развития аппроксимативных методов

Тема 2. Интерполирование функций

Общая постановка задачи интерполирования функций. Алгебраическое интерполирование. Интерполяционный полином Лагранжа, существование, единственность, основные формы представления. Погрешность интерполирования. Задача выбора узлов интерполирования. Минимизация оценки остаточного члена интерполяционного полинома. Многочлены Чебышева первого рода.

Конечные и разделенные разности. Интерполяционный полином Ньютона. Интерполирование по равноотстоящим узлам. Формулы интерполирования в начале, конце и середине таблицы.

Интерполирование с кратными узлами и его частные случаи.Интерполяционный многочлен Эрмита. Оценка погрешности кратного интерполирования.

Тригонометрическое интерполирование.

Интерполирование функций двух переменных.

Интерполирование сплайнами. определение сплайна. Интерполяционные сплайны первого порядка: определение, существование, единственность, построение, аппроксимативные и экстремальное свойства. Кубические сплайны и их свойства.

Тема 3. Наилучшее приближение функций

Постановка задачи наилучшего приближения функций в линейных нормированных пространствах. Элемент наилучшего приближения(э.н.п.). Существование э.н.п. в конечномерном подпространстве, единственность в строго нормированном пространстве, практическое построение в гильбертовом пространстве.

Наилучшее среднеквадратическое приближение. Многочлены наилучшего среднеквадратического приближения функций, единственность , построение. Метод наименьших квадратов. Среднеквадратические приближения на дискретном множестве точек.

Наилучшее равномерное приближение функций. Многочлены наилучшего равномерного приближения функций, единственность, примеры построения. Теорема Чебышева об альтернансе. Аппроксимативные свойства полиномов наилучшего приближения. Приложения теории наилучшего приближения к интерполяционным процессам.

Тема 4. Приближенное вычисление интегралов

Постановка задачи. Квадратурная формула. Погрешность квадратурной формулы. Интерполяционные квадратурные формулы, их свойства. Простейшие квадратурные формулы: прямоугольников, трапеции, Симпсона и оценки их погрешностей. Составные квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности-квадратурные формулы Гаусса, их частные случаи и оценки погрешностей. Ортогональные многочлены и их свойства. примеры ортогональных полиномов(многочлены Чебышева, Лежандра, Якоби, Лагерра, Эрмита .

Приближенное вычисление несобственных интегралов. Основные методы интегрирования: замена переменных, метод выделения особенностей(мультипликативный и аддитивный). Приближенное интегрирование сильноосцилирующих функций.

Приближенное интегрирование периодических функций. Квадратурные формулы прямоугольников - квадратурные формулы наивысшей тригонометрической степени точности.

О приближенном вычислении многомерных интегралов.

Тема 5. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений

Классификация методов. Прямые методы. Метод Гаусса и его модификации. Приложения к вычислению определителей и обратных матриц. Метод прогонки. Метод квадратного корня. Нормы векторов и матрий.

Итерационные методы. Метод простой итерации. Необходимое и достаточные условия его сходимости. Оценки погрешности. Метод Зейделя и условия его сходимости.

Связь решения системы линейных алгебраических уравнений с экстремумом квадратичного функционала. Метод покоординатного спуска. Метод наискорейшего спуска.

Способы построения итерационных методов. Стационарные и нестационарные методы. Ускорение сходимости.

Числа обусловленности матриц и систем линейных алгебраических уравнений.

О решении плохообусловленных систем.

Тема 6. Приближенные методы решения нелинейных уравнений и систем

Нелинейное уравнение. Отделение корней. Теорема о сжатых отображениях. Метод простой итерации. Сходимость и оценка погрешности метода простой итерации. Метод Ньютона и его модификации. Сходимость и оценки погрешности.

Системы нелинейных уравнений. Методы простой итерации и Ньютона. Методы спуска. Скорость сходимости итерационных методов.

Тема 7. Полная и частичная проблемы собственных значений

Собственные числа и собственные вектора матриц. Характеристический многочлен. Решение полной проблемы собственных значений. Преобразование подобия. Метод вращений. Метод Данилевского. Частичная проблема собственных значений. Итерационные методы решения частичной проблемы собственных значений.

Тема 9. Приближенные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений

Численное дифференцирование. Классификация методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод последовательных приближений. Метод степенных рядов.

Численные методы: явные и неявные, одношаговые и многошаговые. Порядок метода. Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. Метод Эйлера. Правило двойного перерасчета. Способ Рунге-Кутта построения алгоритмов численного решения. Главный член погрешности. Правило Рунге. Экстраполяционный и интерполяционный методы Адамса. Расчетные формулы и оценки погрешности.

Прямые методы. Метод сеток. Основные понятия. Построение разностных схем, разрешимость. аппроксимация. устойчивость. Погрешность приближенных решений. Сходимость метода сеток. Обоснование метода сеток для граничной задачи дифференциального уравнения второго порядка.

Проекционные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: метод моментов, метод Галеркина, метод наименьших квадратов, метод коллокации. О разрешимости вычислительных схем и сходимости приближенных решений. Элементы общей теории приближенных методов анализа.

Тема 10. Приближенные методы решения уравнений в частных производных

Классификация уравнений в частных производных: гиперболическое, эллиптическое, параболическое. Разностные методы (метод сеток). Способы построения разностных схем. Устойчивость разностной схемы. Аппроксимация разностной схемой дифференциальной задачи. Сходимость разностной схемы (приближенных решений, полученных по методу сеток). Теорема о связи аппроксимации и устойчивости со сходимостью.

Разностные схемы решения смешанных задач для уравнения теплопроводности(параболический тип). Явные и неявные схемы, устойчивость , аппроксимация, сходимость, численная реализация. Спектральный признак устойчивости(признак Неймана).

Метод сеток решения задачи Коши и смешанной задачи для волнового уравнения(гиперболический тип).

Метод сеток решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона(эллиптический тип). Аппроксимация граничных условий.

Проекционные методы решения уравнений в частных производных.

Тема 11. Приближенные методы решения интегральных уравнений

Понятие корректной постановки задачи решения операторного уравнения. Классификация интегральных уравнений. Приближенные методы решения интегральных уравнений Фредгольма: метод вырожденных ядер, метод коллокации, метод моментов, метод наименьших квадратов, метод механических квадратур, вопросы их сходимости. О методах решения интегральных уравнений первого рода.

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

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

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

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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

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)

Scopus - scopus.com

Единое образовательное окно - http://window.edu.ru/

Общероссийский математический портал - http://www.mathnet.ru/

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	Для выполнения работы на практических занятиях следует изучить теоретический материал по соответствующей теме, внимательно выслушать и понять решение типового задания, разобранного преподавателем и провести решение предложенной задачи. В последующем, изучив приемы и различные типы доказательств , можно переходить к решению нестандартных задач.
самостоя-тельная работа	Самостоятельная работа студента предполагает изучение и закрепление материала, изложенного в рабочей программе дисциплины вне аудиторных занятий, выполнении домашних заданий. подготовке к контрольным работам, составлении компьютерных программ и соответствующих отчетов. Самостоятельная работа является одной из важных составляющих образования.
экзамен	Для подготовки к экзамену необходимо согласно программе дисциплины и вопросов к промежуточной аттестации освоить теоретические основы, закрепить полученные практические навыки, используя как материал аудиторной формы проведения занятий, так и рекомендованную литературу, подготовить перечень вопросов на консультацию преподавателю и обсудить их с ним.

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 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки "Механика и математическое моделирование".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.07 Численные методы

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика и математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

Основная литература:

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы : учебное пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 639 с. - ISBN 978-5-9963-2616-7. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/70767

2. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков ; под редакцией В.А. Садовничего. - 4-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 243 с. - ISBN 978-5-9963-2980-9. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/70743

3. Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций : учебное пособие / В.А. Срочко. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-1014-9. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/378

Дополнительная литература:

1. Авхадиев, Ф. Г. Численные методы анализа [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие / Ф. Г. Авхадиев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГАОУ ВПО 'Казан. (Приволж.) федер. ун-т', Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского. - Электронные данные (1 файл: 000 Кб). - (Казань : Казанский федеральный университет, 2013). - Загл. с экрана. - Для 5-го, 6-го и 7-го семестров. - Режим доступа: только для студентов и сотрудников КФУ. - URL:http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf

2. Волков, Е.А. Численные методы : учебник / Е.А. Волков. - 5-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2008. - 256 с. - ISBN 978-5-8114-0538-1. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/54

3. Турчак, Л.И. Основы численных методов : учебное пособие / Л.И. Турчак, П.В. Плотников. - 2-е изд., перераб.и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 304 с. - ISBN 5-9221-0153-6. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/2351

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.07 Численные методы

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

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика и математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

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.