

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

Математическое моделирование на основе пакетов прикладных программ

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## 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) доцент, д.н. (доцент) Тимербаев М.Р. (кафедра вычислительной математики, отделение прикладной математики и информатики), Marat.Timerbaev@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
ПК-2	Управление аналитическими работами и подразделением, управление инфраструктурой разработки и сопровождение требований к системам
ПК-3	Руководство проектированием программного обеспечения

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

о методах численного решения подобных задач.

Должен уметь:

пользоваться математическим пакетом Матлаб, анализировать и интерпретировать полученные численные результаты.

Должен владеть:

теоретическими знаниями о типичных математических моделях нелинейной динамики, возникающих при описании физических, химических, биохимических, биологических и экологических систем.

Должен демонстрировать способность и готовность:

приобрести навыки конструирования и программирования численных методов поставленных задач.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.04 "Прикладная математика (Математическое моделирование)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе в 3 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 - 54 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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. Динамика нелинейных процессов. Основные понятия. Обзор моделей. Фазовое					

пространство. Критические точки, предельные циклы и аттракторы. Устойчивость и бифуркации. Сечения Пуанкаре.

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Дискретные модели. Регулярное и хаотическое поведение системы. Фрактальные множества и странные аттракторы. Компьютерное моделирование дискретных систем.	3	0	1	2	4
3.	Тема 3. Модели нелинейной динамики в физике. Теплопроводность, диффузия, колебательные процессы. Консервативные и диссипативные процессы. Системы с хаотическими режимами. Пример: модель Лоренца.	3	0	1	2	4
4.	Тема 4. Самоорганизация и образование структур. Распределенные системы. Фракталы.	3	0	1	2	4
5.	Тема 5. Биологические и экологические системы. Динамика популяций. Устойчивые и неустойчивые биологические сообщества. Нелинейные волны в диссипативных структурах. Катастрофы в экологии.	3	0	1	2	4
6.	Тема 6. Численные методы для непрерывных моделей нелинейной динамики.	3	0	1	2	4
7.	Тема 7. Итерационные методы решения нелинейных систем. Методы простой итерации, релаксации, Ньютона. Модификации. Оценки скорости сходимости итераций.	3	0	2	4	4
8.	Тема 8. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Погрешности аппроксимаций. Мягкие и жесткие системы. Методы решения сингулярно возмущенных задач. Кинетическая модель ферментной реакции с малым параметром.	3	0	2	4	4
9.	Тема 9. Нелинейные стационарные задачи с диффузией, конвекцией и реакцией. Метод конечных элементов.	3	0	2	4	4
10.	Тема 10. Численные методы решения нелинейных нестационарных задач с диффузией, конвекцией и реакцией. Колебательные процессы и волны.	3	0	2	4	6
11.	Тема 11. Интегральные уравнения для краевых задач. Метод граничных элементов.	3	0	2	4	6

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
12.	Тема 12. Численные методы решения задач теории упругости. Смешанные методы конечных элементов.	3	0	2	4	6
	Итого		0	18	36	54

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### **Тема 1. Динамика нелинейных процессов. Основные понятия. Обзор моделей. Фазовое пространство. Критические точки, предельные циклы и аттракторы. Устойчивость и бифуркации. Сечения Пуанкаре.**

Математическая модель движения маятника вблизи положения равновесия. Устойчивое и неустойчивое положения равновесия, бифуркации. Программирование модели маятника в Матлаб. Представление входных и выходных данных. Численный метод решения. Численные эксперименты с различными параметрами математической модели. Анализ результатов.

##### **Тема 2. Дискретные модели. Регулярное и хаотическое поведение системы. Фрактальные множества и странные аттракторы. Компьютерное моделирование дискретных систем.**

Примеры дискретных моделей. Клеточные автоматы. Игра "Жизнь" Конвея. Нейронные сети. Модель Винера-Розенблюта. Модель Ва-Тор. Компьютерное моделирование дискретных систем в Матлаб. Программирование клеточных автоматов.

##### **Тема 3. Модели нелинейной динамики в физике. Теплопроводность, диффузия, колебательные процессы. Консервативные и диссипативные процессы. Системы с хаотическими режимами. Пример: модель Лоренца.**

Эволюционные процессы в физике: теплопроводность, диффузия. Колебательные процессы: колебания струны, мембраны. Программирование математической модели проводимости тепла в стержне в системе Матлаб. Представление входных и выходных данных. Численный метод решения. Численные эксперименты с различными параметрами математической модели теплопроводности. Анализ результатов.

##### **Тема 4. Самоорганизация и образование структур. Распределенные системы. Фракталы.**

Математическая модель распределенной системы. Процессы самоорганизации, возникновение волн и структур. Программирование в Матлаб базовой нелинейной модели с двумя переменными. Программирование брюсселятора. Численный метод решения. Численные эксперименты с различными параметрами математической модели. Анализ результатов.

##### **Тема 5. Биологические и экологические системы. Динамика популяций. Устойчивые и неустойчивые биологические сообщества. Нелинейные волны в диссипативных структурах. Катастрофы в экологии.**

Биологические и экологические системы. Динамика популяций. Устойчивые и неустойчивые биологические сообщества. Нелинейные волны в диссипативных структурах. Катастрофы в экологии. Модель Мальтуса. Логистическое уравнение динамики биологической популяции. Модель Вольтерра. Межвидовая конкуренция. Программирование в Матлаб модели Вольтерра.

##### **Тема 6. Численные методы для непрерывных моделей нелинейной динамики.**

Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Системы дифференциальных уравнений с частными производными. Обзор численных методов решения. Дискретизация задачи колебания струны. Численные методы для непрерывных моделей нелинейной динамики. Методы Рунге-Кутты и Адамса различных порядков аппроксимации.

##### **Тема 7. Итерационные методы решения нелинейных систем. Методы простой итерации, релаксации, Ньютона. Модификации. Оценки скорости сходимости итераций.**

Итерационные методы решения нелинейных систем. Обзор итерационных методов решения систем нелинейных уравнений. Методы простой итерации, релаксации, Ньютона. Общие подходы и идеи. Программирование в Матлаб итерационных методов простой итерации, метода Ньютона и его различных модификаций. Численные эксперименты.

**Тема 8. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Погрешности аппроксимаций. Мягкие и жесткие системы. Методы решения сингулярно возмущенных задач. Кинетическая модель ферментной реакции с малым параметром.**

Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Метод Эйлера решения задачи Коши. Экстраполяция Рундсона для повышения точности приближенного решения задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Программирование в Матлаб методов Рунге-Кутты. Адаптивный выбор шага в методе Рунге-Кутты. Численные эксперименты. Анализ результатов.

**Тема 9. Нелинейные стационарные задачи с диффузией, конвекцией и реакцией. Метод конечных элементов.**

Нелинейные стационарные задачи с диффузией, конвекцией и реакцией. Метод конечных элементов решения эллиптических краевых задач. Кусочно-полиномиальная аппроксимация решения эллиптической краевой задачи. Разреженная структура результирующей системы в методе конечных элементов. Программирование в Матлаб метода конечных элементов. Использование пакета PDEToolbox.

**Тема 10. Численные методы решения нелинейных нестационарных задач с диффузией, конвекцией и реакцией. Колебательные процессы и волны.**

Метод конечных элементов численного решения нелинейных нестационарных задач краевых задач. Ньютоновские и квазиньютоновские численного решения нелинейных нестационарных задач краевых задач. Программирование в Матлаб метода конечных элементов для начально-краевой задачи. Использование пакета PDEToolbox. Численные эксперименты. Анализ результатов.

**Тема 11. Интегральные уравнения для краевых задач. Метод граничных элементов.**

Численные методы решения интегральных уравнений. Метод механических квадратур. Метод граничных элементов. Программирование в Матлаб численного решения интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода методом механических квадратур. Численные эксперименты. Анализ результатов. Сравнение с методом конечных элементов.

**Тема 12. Численные методы решения задач теории упругости. Смешанные методы конечных элементов.**

Задачи теории упругости. Численные методы для задач упругости. Одновременная дискретизация решения и его частных производных, смешанные методы конечных элементов. Оценки погрешности смешанного метода конечных элементов. Программирование в Матлаб смешанного метода конечных элементов для задачи об изгибе балки.

**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

**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)

Образовательный математический сайт - <http://www.exponenta.ru/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>

Портал ресурсов по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>

Справочник по компьютерной математике - <http://www.users.kaluga.ru/math/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины 'Численные методы' на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.
лабораторные работы	Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины 'Численные методы' на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к зачету и экзамену. При подготовке к сдаче зачета и экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к зачету и экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.



Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	Для подготовки к экзамену необходимо глубокое понимание лекционного материала. Кроме этого, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. Подготовка к экзамену предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

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

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.01 Математическое моделирование на основе  
пакетов прикладных программ

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Основная литература:**

1. Долгов А.И., Алгоритмизация прикладных задач [Электронный ресурс] / А.И. Долгов - М. : ФЛИНТА, 2016. - 136 с. - ISBN 978-5-9765-0086-0 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976500860.html>
2. Балдин, К. В. Математическое программирование / Балдин К.В., Брызгалов Н.А., Рукосуев А.В., - 2-е изд. - М.: Дашков и К, 2018. - 218 с.: ISBN 978-5-394-01457-4 - URL: <http://znanium.com/catalog/product/415097>
3. Игнатъев, Ю. Г. Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple [Текст: электронный ресурс] : [лекции для школы по математическому моделированию] / Ю. Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-тет, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского. - Электронные данные (1 файл: 19,09 Мб). - (Казань: Казанский федеральный университет, 2014) . - Загл. с экрана. - Для 8-го, 9-го и 10-го семестров. - Режим доступа: открытый. Оригинал копии: Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple : [лекции для школы по математическому моделированию] / Ю. Г. Игнатъев. - Казань : Казанский университет, 2014 . - 297 с. URL: [http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05\\_120\\_000443.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_120_000443.pdf)

**Дополнительная литература:**

1. Колдаев В. Д. Численные методы и программирование: Учебное пособие / Колдаев В.Д.; Под ред. Гагариной Л.Г. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 336 с. ISBN 978-5-8199-0333-9 - URL: <http://znanium.com/catalog/product/554896>
2. Никифоров, С.Н. Прикладное программирование : учебное пособие / С.Н. Никифоров. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 124 с. - ISBN 978-5-8114-3068-0. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/106735>
3. Иванов В.Б., Прикладное программирование на C/C++: с нуля до мультимедийных и сетевых приложений [Электронный ресурс] / В.Б. Иванов - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. - 240 с. (Серия 'Про ПК') - ISBN 5-98003-279-7 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980032797.html>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.01 Математическое моделирование на основе  
пакетов прикладных программ

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

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

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.