

Уфа 2016

## ЛИСТ согласования рабочей программы

Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

код и наименование

Направленность подготовки: ЭВМ, системы и сети

наименование

Дисциплина: Вычислительная математика

Учебный год 2016/2017

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры вычислительной математики и кибернетики  
наименование кафедры

протокол № 8 от "11" 02 20 16 г.

Заведующий кафедрой Н.И. Юсупова  
подпись расшифровка подписи

Исполнители:

к.т.н., доцент Ф.Г. Гадилова  
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

ВТиЗИ Васильев В.И.  
наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата

Председатель НМС по УГСН 090000 «Информатика и вычислительная техника»

протокол № 6 от "25" 02 2016 г.

Фрид А.И.  
личная подпись расшифровка подписи д.т.н., проф.

Библиотека Селезнева Н.И.  
личная подпись расшифровка подписи дата

Декан факультета ИРТ Н.И. Юсупова  
личная подпись расшифровка подписи дата

Рабочая программа зарегистрирована в ООПБС и внесена в электронную базу данных

Начальник Гарипова Г.Т.  
личная подпись расшифровка подписи дата

## Содержание

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	3
2. Перечень результатов обучения.....	4
3. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	6
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	9
5. Фонд оценочных средств .....	10
5.1 Типовые оценочные материалы .....	12
6.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение).....	21
6.4 Методические указания к практическим занятиям.....	22
6.5 Методические указания к практическим занятиям.....	22
7. Образовательные технологии.....	22
8. Методические указания по освоению дисциплины .....	22
9 . Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	24
10. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ .....	26

## 1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» января 2016 г. № 5.

Дисциплина Б1.В.ОД.5 «Вычислительная математика» является обязательной дисциплиной вариативной части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению подготовки бакалавра *09.03.01 Информатика и вычислительная техника*.

**Целью освоения дисциплины** является обеспечение будущих бакалавров концептуальными, теоретическими и практическими знаниями, умениями и владениями в области методов вычислений, необходимыми при выполнении математических расчетов при математическом моделировании физических, технологических и экономических объектов программной инженерии.

### **Задачи:**

1. Формирование знаний, методов и алгоритмов эффективного решения задач численными методами;
2. Формирование умений использования изученных методов для решения типовых задач;
3. Формирование навыков оценки пределов применимости полученных результатов.

Входные компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), сформировавшего данную компетенцию
1	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ПКП-5	Базовый, третий этап формирования компетенции по аспектам дисциплины	Математический анализ Линейная алгебра
2	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	ОПК-5	Базовый уровень, второй этап формирования компетенции по аспектам дисциплины	Математическая логика и теория алгоритмов Численные методы решения прикладных задач

Исходящие компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования концепции	Название дисциплины (модуля), для которой данная компетенция является входной
1	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ПКП-5	Базовый, четвертый этап формирования компетенции по аспектам дисциплины	Моделирование Теория принятия решений Нейрокомпьютеры
2	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	ОПК-5	Базовый уровень, третий этап формирования компетенции по аспектам дисциплины	Методы искусственного интеллекта Информационные технологии моделирования интеллектуальных систем

## 2. Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	ОПК-5			Численными методами решения систем дифференциальных и алгебраических уравнений
2	Использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности,	ПКП-5	Особенности вычислительных методов для каждого класса задач, их достоинства и	Обосновывать выбор вычислительного метода решения конкретной задачи	

	применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования		недостатки; Вычислительные алгоритмы решения задач		
--	--	--	---	--	--

### 3. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.
	4 семестр
Лекции (Л)	18
Практические занятия (ПЗ)	10
Лабораторные работы (ЛР)	16
КСР	3
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	52
Подготовка и сдача экзамена	
Подготовка и сдача зачета	9
Подготовка РГР	
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая студентам*	Виды интерактивных образовательных технологий**
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	<b>Предмет вычислительной математики.</b> Математическое моделирование и процесс создания математической модели. Вычислительный эксперимент. Источники и классификация погрешностей результата численного решения задачи. Корректность и обусловленность вычислительной задачи. Вычислительные методы. Корректность вычислительных алгоритмов. Чувствительность вычислительных алгоритмов к ошибкам округления. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам	2				4	6	Р 6.1 №1, гл. 1 Р 6.1 №2, гл. 1, 6,7	Обучение на основе опыта, проблемная лекция
2	<b>Системы линейных алгебраических уравнений.</b> Методы решения от вида системы уравнений. Норма вектора и матрицы. Обусловленность задачи решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод прогонки. Метод LU-разложения. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Сравнение методов с точки зрения обусловленности, точности решения.	4	4	4	1	8	21	Р 6.1 №1, гл. 3 Р 6.1 №1, гл. 2 Р 6.2 №2, гл. 3	проблемное обучение, проблемная лекция
3	<b>Методы одномерной минимизации.</b> Интерполирование обобщёнными многочленами. Конечные и разделённые разности. Полиномы Лагранжа. Полиномы Ньютона. Погрешность интерполяции	2	2		0.5	8	12.5	Р 6.1 №2, гл. 5 Р 6.1 №3, гл. 1,2 Р 6.2 №1, гл. 4	проблемное обучение, проблемная лекция



4	<b>Приближение таблично заданных функций.</b> Метод наименьших квадратов. Дополнительные сведения об интерполировании	2	2	4	0.5	6	14.5	Р 6.1 №1, гл.1, Р 6.1 №2, гл. 1,5 Р 6.2 №1, гл. 3	<i>проблемное обучение, лекция- визуализация</i>
5	<b>Решение краевых задач.</b> Алгоритм построения интерполяционного кубического сплайна	2				4	6	Р 6.1 №2, гл. 1, Р 6.1 №3, гл. 4, Р 6.2 №1, гл. 5	<i>контекстное обучение, проблемное обучение, лекция- визуализация</i>
6	<b>Решение нелинейных уравнений.</b> Постановка и основные этапы решения задачи. Методы локализации и уточнения корней. Метод бисекций. Метод простых итераций. Метод Ньютона.	2		4	0.5	4	10.5	Р 6.1 №2, гл. 1, Р 6.1 №3, гл. 4, Р 6.2 №1, гл. 5	<i>проблемное обучение, проблемная лекция</i>
7	<b>Решение задачи Коши.</b> Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Эйлера, Рунге-Кутта, Адамса.	2	2	4	0.5	4	12.5	Р 6.1 №2, гл. 1, Р 6.1 №3, гл. 2, Р 6.2 №1, гл. 5	<i>контекстное обучение, лекция-визуализация</i>
8	<b>Метод конечных разностей.</b> Пример решения задачи для эллиптического уравнения	2				14	16	Р 6.1 №2, гл. 1,2 Р 6.1 №3, гл. 2, Р 6.2 №1, гл. 5	<i>проблемное обучение, лекция- визуализация</i>

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 35% от общего количества аудиторных часов по дисциплине Программно-аппаратные комплексы.

## Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Решение систем линейных алгебраических уравнений	4
2	3,4,5	Интерполяция и аппроксимация таблично заданных функций	4
3	6	Решение нелинейных уравнений	4
4	7	Численное решение задачи Коши для дифференциальных уравнений	4

### Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Решение систем линейных и нелинейных уравнений	2
2	3,4,5	Приближение функций	6
3	7	Решение задачи Коши	2

## 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1 Предмет вычислительной математики.

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

Определение погрешности. Приближенные числа; Абсолютная и относительная погрешности; Правила записи приближенных чисел; Погрешности арифметических операций над приближенными числами; Погрешность функции; Особенности машинной арифметики. Чувствительность вычислительных задач к ошибкам округления. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам.

### Тема 2 Системы линейных алгебраических уравнений.

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

Оценка погрешности метода, исходных данных и округления.

Норма вектора и матрицы. Типы используемых матриц, Метод квадратных корней. QR-разложение разложение матрицы. Методы вращений и отражений.

### Тема 3 Приближение таблично заданных функций.

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

1. Степенной метод.

2. QR-алгоритм

3. Метод обратных итераций

### Тема 4. Методы одномерной минимизации

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

Обусловленность задачи минимизации

Методы прямого поиска: метод деления отрезка пополам, метод Фибоначчи и метод золотого сечения.

Методы многомерной минимизации: Покоординатный спуск, градиентный метод, метод Ньютона

### Тема 5 Решение краевых задач

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

1 .Понятие о проекционных и проекционно-разностных методах. Методы Ритца и Галеркина.

## 5. Фонд оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Наименование оценочного средства*
1	<b>Предмет вычислительной математики</b>	ПКП-5	Пороговый по аспектам преподаваемой дисциплины	КВ, зачет
2	<b>Системы линейных алгебраических уравнений</b>	ПКП-5	Базовый по аспектам преподаваемой дисциплины	ЗПР, ЗЛР, КВ, зачет
3	<b>Приближение таблично заданных функций</b>	ПКП-5	Базовый по аспектам преподаваемой дисциплины	ЗПР, ЗЛР, КВ, зачет
4	<b>Методы одномерной минимизации</b>	ПКП-5	Базовый по аспектам преподаваемой дисциплины	ЗПР, ЗЛР, КВ, зачет
5	<b>Решение краевых задач</b>	ОПК-5	Базовый по аспектам преподаваемой дисциплины	ЗПР, ЗЛР, КВ, зачет
6	<b>Решение нелинейных уравнений</b>	ОПК-5	Базовый по аспектам преподаваемой дисциплины	ЗЛР, КВ, зачет
7	<b>Решение задачи Коши</b>	ОПК-5	Базовый по аспектам преподаваемой дисциплины	ЗПР, ЗЛР, КВ, зачет
8	<b>Метод конечных разностей</b>	ОПК-5	Базовый по аспектам преподаваемой дисциплины	КВ, зачет

При реализации дисциплины используется балльно-рейтинговая оценка освоения компетенций.

При реализации дисциплины используется балльно-рейтинговая оценка освоения компетенций.

Виды учебной деятельности	Балл за конкретное задание	Количество	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Посещение аудиторных занятий:				
лекций	1	9 лекций	0	9
практических занятий	5	5 практик	0	25
лабораторных занятий	5	4 лаб. занятий	0	20
Выполнение СРС (домашние задания)	8	1-я работа	0	8
	5	2-я работа		5
Всего	-		0	100

### Шкала итоговых оценок успеваемости

Сумма баллов	Дифференцированная оценка
91-100	5 «отлично»
74-90	4 «хорошо»
61-73	3 «удовлетворительно»
0-60	2 «неудовлетворительно»

### Вопросы к зачету

- Ограничения по ресурсам.
- Абсолютная и относительная погрешности. Понятие об оценке погрешности.
- Источники и классификация погрешностей.
- Особенности машинной арифметики: представление чисел в форме с фиксированной и плавающей запятой, диапазон и погрешности представления, операции над числами, погрешности арифметических операций.
- Математические модели погрешностей. Погрешности суммы, разности, произведения, частного.
- Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы.
- Нормы вектора и матриц.
- Типы используемых матриц.
- Метод прогонки.
- Метод LU-разложения
- Решение систем линейных алгебраических уравнений. Итерационные методы
- Метод простой итерации.
- Метод Зейделя.
- Двухслойные итерационные методы.
- Приближение функций алгебраическими многочленами.
- Приближение по методу наименьших квадратов.
- Постановка задачи интерполяции.
- Конечные и разделенные разности и их свойства.
- Интерполяционный многочлен Лагранжа
- Интерполяционный многочлен Ньютона.
- Остаточный член интерполяционного многочлена. Оценка погрешностей интерполяционного многочлена.
- Интерполирование сплайнами.
- Постановка и основные этапы решения задачи решения нелинейных уравнений.
- Методы локализации и уточнения корней.
- Метод деления отрезка пополам
- Метод простых итераций.
- Метод Ньютона.
- Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.
- Методы Эйлера. Рунге-Кутта
- Решение краевых задач
- Метод конечных разностей. Основные понятия
- Метод конечных разностей. Аппроксимация специального вида

### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного

материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;

3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя:

4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

## 5.1 Типовые оценочные материалы

### 5.1.1 Вопросы для собеседования

Раздел (тема) **дисциплины**. Предмет вычислительной математики.

1. Методы и задачи вычислительной математики.

2. Ограничение по ресурсам.

3. **Связь вычислительной математики с другими дисциплинами специальности.**

Критерии оценки:

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;

2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;

3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя:

4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

**Раздел (тема) дисциплины: Элементы теории погрешностей.**

1. Абсолютная и относительная погрешности. Понятие об оценке погрешности.

2. Источники и классификация погрешностей.

3. Особенности машинной арифметики: представление чисел в форме с фиксированной и плавающей запятой, диапазон и погрешности представления, операции над числами, погрешности арифметических операций;

4. Математические модели погрешностей. Погрешности суммы, разности, произведения, частного.

*Критерии оценки:*

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;
2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;
3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;
4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

**Раздел (тема) дисциплины. Решение нелинейных уравнений.**

1. Метод половинного деления.
- 2.. Метод Ньютона

*Критерии оценки:*

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;
2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;
3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;
4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

**Раздел (тема) дисциплины Решение систем линейных алгебраических уравнений**

1. Постановка задачи.
2. Прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

*Критерии оценки:*

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой

дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;

2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;

3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя:

4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

#### **Раздел (тема) дисциплины. Интерполяция и аппроксимация функций.**

1. Постановка задачи интерполяции и аппроксимации.

2. Интерполяционный многочлен Лагранжа для интерполирования по системе алгебраических многочленов.

3. Интерполяционный многочлен Ньютона,

4. Остаточный член интерполяционного многочлена.

5. Интерполирование сплайнами. Алгоритм построения кубического сплайна.

Оценка погрешностей.

6 Метод наименьших квадратов.

*Критерии оценки:*

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;

2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;

3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя:

4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

#### **Раздел (тема) дисциплины. Решение задачи Коши.**

1. Постановка задачи.

2. Метод Эйлера.

3. Метод Рунге-Кутты для решения дифференциальных уравнений и систем

*Критерии оценки:*

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;

2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;

3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

Раздел (тема) дисциплины. Решение краевых задач на примере эллиптических уравнений

1. Постановка задачи. Методы и задачи вычислительной математики.

2. Аппроксимация производных первого и второго порядков

3. Виды конечно-разностных соотношений

4. Получение систем уравнений различного вида

*Критерии оценки:*

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;

2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;

3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

### **5.1.2. Оценочные материалы для лабораторных работ**

1. Раздел (тема) дисциплины Решение систем линейных алгебраических уравнений



*Задание выполняется на лабораторной работе № 1:*

**Базовый уровень:** Составить программу для решения систем линейных алгебраических уравнений прямыми и итерационными методами. Результат решения системы уравнений должен содержать порядок системы, решения в упорядоченном виде для прямых методов. Для итерационных методов результат **должен содержать порядок системы, точность** решения, начальные приближения и результаты решения системы.

**Повышенный уровень:** Составить программу универсального вида, чтобы были автоматизированы все входные и выходные данные, согласованные с точностью решения. Выявить преимущества и недостатки разных методов решения систем уравнений №1.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

размерность матрицы и её параметры, точность решения СЛАУ, максимальное количество итераций, элементы матрицы, вектор правой части и начальное приближение читать из файлов; элементы матрицы должны храниться в диагональном формате соответственно варианту; матрица должна обрабатываться в соответствии с форматом; в реализации методов простой итерации и Зейделя для итерационного шага использовать одну и ту же подпрограмму; выход из итерационного процесса выполнять, если относительная невязка стала меньше заданного параметра; предусмотреть аварийный выход из итерационного процесса при достижении максимального количества итерации; результат записывать в файл в формате, соответствующем **хранению начального приближения**. В процессе счета выдавать на экран сообщение о номере текущей итерации и относительную невязку.

Критерии оценки:

1. оценка «зачтено» выставляется, при выполнении базового и повышенного уровней задания.

2. оценка «не зачтено» выставляется бакалавру, при невыполнении базового уровня задания.

## **2. Раздел (тема) дисциплины** Интерполирование и аппроксимация.

*Задание выполняется на лабораторной работе № 2:*

**Базовый уровень:** Составить программу для интерполирования таблично заданных функций алгоритмами Ньютона или Лагранжа. Порядок многочленов варьировать уменьшая внутренние точки таблицы. При совпадении полученных результатов сообщить об этом. Результаты выдавать на экран в виде **графиков**.

**Повышенный уровень:** Составить программу интерполирования кубическими сплайнами.

Сравнить полученные результаты с полиномами Лагранжа и Ньютона. **Выявить** достоинства и недостатки различных методов. Применить метод наименьших квадратов (МНК) для этих же целей.

№2. Отчет по лабораторной работе должен содержать:

количество заданных точек;

точность вычисления;

значение в промежуточной точке двумя **методами**;

файл исходного текста программы;

описание алгоритма;

общие выводы по результатам работы, включающие оценку скорости сходимости, полученные оценки погрешности результатов и обоснование этих оценок.

## **3. Раздел (тема) дисциплины:** Численное решение нелинейных уравнений.

*Задание выполняется на лабораторной работе № 3:*

**Базовый уровень:** По указанию преподавателя **выбрать функцию. Определить отрезок**, где находится корень уравнения. Провести расчеты **вычисления корня нелинейного уравнения** методом половинного деления с указанной точностью. Результат расчетов представить в виде таблицы.

**Повышенный уровень:** Составить подпрограмму вычисления корня нелинейного

уравнения методом Ньютона. Сравнить результаты решения задачи двумя методами и их скорость сходимости.

Дополнительное задание (необязательное): Найти способы уменьшения погрешностей вычисления корней нелинейных уравнений.

Результатом выполнения лабораторной работы является отчет по лабораторной работе

№3. Отчет по лабораторной работе должен содержать:

файл исходного текста программы;

файлы результатов вычисления корня данного нелинейного уравнения;

описание алгоритма расчета (в текстовой форме и в виде блок-схемы) в электронном виде;

общие выводы по результатам работы, включающие оценку скорости сходимости, полученные оценки погрешности результатов и обоснование этих оценок.

Критерии оценки:

1. оценка «зачтено» выставляется, при выполнении базового и повышенного уровней задания.

2. оценка «не зачтено» выставляется бакалавру, при невыполнении базового уровня задания.

4. Раздел (тема) дисциплины: Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений,

*Задание выполняется на лабораторной работе № 4:*

**Базовый уровень:** По указанию преподавателя выбрать один из методов решения задачи Коши. Разработать алгоритм и программу выбранным методом с заданной точностью. Сравнить с точным решением и провести оценку по правилу Рунге. Результаты представить в виде графика. Решить задачу Коши:

$$y' = f(x, y) = x^{1/n} y, \quad y(0) = 1$$

на отрезках  $[0, 1]$  и  $[0, 10]$ , где  $n$  - номер по списку группы. Результаты представить в виде графиков.

**Повышенный уровень:** Предусмотреть оценку погрешности с помощью методов фильтрации. Объяснить результаты.

**Дополнительное задание:** Решить задачу Коши методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Объяснить результаты.

Результатом выполнения лабораторной работы является отчет по лабораторной работе

№4. Отчет по лабораторной работе должен содержать:

пояснение сути метода:

оценку и обоснование оценки погрешностей метода, округления и погрешности, вызванной неточностью исходных данных:

укрупненную блок-схему:

файл исходного текста программы;

результаты расчетов в виде таблиц и графиков;

общие выводы по результатам работы, полученные оценки погрешности результатов и обоснование этих оценок.

Критерии оценки:

1. оценка «зачтено» выставляется, при выполнении базового и повышенного уровней задания.

2. оценка «не зачтено» выставляется бакалавру, при невыполнении базового уровня задания.

5. Раздел (тема) дисциплины: Решение краевых задач

*Задание выполняется на лабораторной работе № 5:*

**Базовый уровень:** По указанию преподавателя выбрать свой вариант работы. Разработать алгоритм выбранным методом с заданной точностью. Результатом работы будет система уравнений специального вида. Воспользоваться первой лабораторной работой и решить эту систему.

**Повышенный уровень:** Предусмотреть различные виды аппроксимации производных, в результате будет получена система, которую надо решить (лаб.№1) Объяснить результаты. Результатом выполнения лабораторной работы является отчет по лабораторной работе №5. Отчет по лабораторной работе должен содержать:

пояснение сути метода;  
файл исходного текста программы  
результаты расчетов в виде таблиц и графиков;  
общие выводы по результатам работы, полученные оценки погрешности результатов и обоснование этих оценок.

Критерии оценки:

3. оценка «зачтено» выставляется, при выполнении базового и повышенного уровней задания.

4. оценка «не зачтено» выставляется бакалавру, при невыполнении базового уровня задания.

#### 5.1.3 Темы для эссе (рефератов, докладов, сообщений)

- 1 Ограничения по ресурсам.
- 2 Абсолютная и относительная погрешности. Понятие об оценке погрешности.
- 3 Источники и классификация погрешностей.
- 4 Особенности машинной арифметики: представление чисел в форме с фиксированной и плавающей запятой.
- 5 Математические модели погрешностей.
- 6 Приближение функций алгебраическими многочленами. Схема Горнера.
- 7 Применение формулы Тейлора. Ошибки округления и возможность их уменьшения
- 8 Постановка задачи аппроксимации.
- 9 Постановка задачи интерполяции.
- 10 Интерполяционный многочлен Лагранжа для интерполирования по системе алгебраических многочленов,
- 11 . Интерполяционный многочлен Ньютона.
- 12 Оценка погрешности интерполяции. Схема Эйткена.
- 13 Интерполирование сплайнами. Алгоритм построения интерполяционного кубического сплайна.
- 14 Постановка и основные этапы решения задачи решения нелинейных уравнений.
- 15 Метод деления отрезка пополам. Скорость сходимости.
16. Метод простых итераций. Ускорение сходимости.
17. Метод Ньютона. Скорость сходимости.
22. Численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.
23. Методы Эйлера, Рунге-Кутты, Адамса.
24. Разностные методы решения краевых задач.

Критерии оценки:

1. оценка «отлично» выставляется студенту, усвоившему принципы изучаемой дисциплины, основные методы и алгоритмы, изучаемые в рамках дисциплины, и умеющему их применять для решения практических задач, а также проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, продемонстрировавшем знание соответствующей литературы, владеющему разносторонними навыками и признаками выполнения практических работ;

2. оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, показавшему системный характер знаний по всем темам курса, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей работы и профессиональной деятельности;

3. оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, умение применить и использовать их в практических ситуациях, а также допустившему погрешности в ответе на экзамене и при выполнении

экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя:

4. оценка «не удовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в изложении основных тем курса, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по данной дисциплине.

## 5.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы формирования компетенций

Приводится методика проведения процедур оценивания конкретных результатов обучения (знаний, умений, владений) формируемого этапа компетенции. То есть для каждого образовательного результата определяются показатели и критерии сформированности компетенций на различных этапах их формирования, приводятся шкалы и процедуры оценивания.

Компетенция, ее этап и уровень формирования	Заявленный образовательный результат	Типовое задание из ФОС, позволяющее проверить сформированность образовательного результата	Процедура оценивания образовательного результата	Критерии оценки
ПКП-5	Знать - Особенности вычислительных методов для каждого класса задач, их достоинства и недостатки; Вычислительные алгоритмы решения задач	Вопросы для собеседования	Собеседование проводится в начале или в конце лабораторных работ	Критерии оценки указаны в ФОС
	Уметь обосновывать выбор вычислительного метода решения конкретной задачи	Отчеты по лабораторным работам №№1-5  Отчеты по практическим занятиям №№6,7	Лабораторные работы проводятся в соответствии с расписанием проведения занятий. Отчет по лабораторной работе студенты защищают в конце/начале лабораторного занятия или на специально выделенных консультациях  Выборочный контроль выполненных заданий на занятии и у доски и собеседование	Критерии оценки указаны в ФОС
ОПК-5	Владеть:	Отчеты по лабораторным работам	Лабораторные работы проводятся в	Критерии оценки

	Численными методами решения систем дифференциальных и алгебраических уравнений	№№1-5  Отчеты по практическим занятиям №№6,7	соответствии с расписанием проведения занятий. Отчет по лабораторной работе студенты защищают в конце/начале лабораторного занятия или на специально выделенных консультациях  Выборочный контроль выполненных заданий на занятии и у доски и собеседование	указаны в ФОС
--	--	--	---	---------------

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1 Основная литература**

1. Амосов, А. А. Вычислительные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченкова .— 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Изд-во МЭИ, 2008 .— 672 с. : ил. ; 22 см .— ОГЛАВЛЕНИЕ [кликните на URL->>](#) .— Библиогр.: с. 648-654 .— Предметный указатель: с. 655-666 .— ISBN 978-5-383-00302-2 .— <URL:[http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Amosov\\_VichislMetod\\_2008.pdf](http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Amosov_VichislMetod_2008.pdf)>..
2. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях: Учеб. пособие для вузов / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин., Е.В. Чижонсков; Под ред. В.А. Садовниченко .— М. : Высш. школа, 2000 .— 190 с. : ил. ; 21 см. — (Высшая математика) .— см. на сайте раздел "ДИПЛОМНИКАМ" или [кликните на URL->](#) .— ISBN 5-06-003684-7 .— <URL:[http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/diplom/Bahvalov\\_Scislennye\\_metody\\_2000.pdf](http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/diplom/Bahvalov_Scislennye_metody_2000.pdf)>.
3. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие / Е. А. Волков .— Москва : Наука, 1982 .— 256 с. : ил. ; 20 см.

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк .— 2-изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2014 .— 356 с. : ил. ; 21 см .— (Бакалавр. Академический курс) .— см. на сайте раздел "ДИПЛОМНИКАМ" или [кликните на URL->](#) .— Библиогр.: с. 354-356 .— ISBN 978-5-9916-4318-4 .— <URL:[http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Zaliznyak\\_Chislen\\_metody\\_2izd\\_2012.pdf](http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Zaliznyak_Chislen_metody_2izd_2012.pdf)>.

### **6.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

#### **6.4 Методические указания к практическим занятиям**

1. Гадилова Ф.Г., Ковалева С.В. Практикум по вычислительной математике. Уфа: Изд. УГАТУ.-2013 108с.

#### **6.5 Методические указания к практическим занятиям**

1. Гадилова Ф.Г. Ковалева С.В. Практикум по вычислительной математике. Уфа: Изд. УГАТУ.-2013-: 108с.

### **7. Образовательные технологии**

При реализации дисциплины применяются классические образовательные технологии, а также интерактивные формы проведения практических занятий в виде *анализа конкретных ситуаций*.

При реализации ОПОП дистанционные образовательные технологии, электронное обучение, а также сетевое обучение не реализуются.

### **8. Методические указания по освоению дисциплины**

При изучении учебной дисциплины «Вычислительная математика» предусматривается лекционное изложение курса, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов, работа с учебниками и учебными пособиями и консультации по дисциплине.

#### **Раздел 1. Предмет вычислительной математики**

Лекций –2 ч., СРС – 4 ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.

#### **Раздел 2. Системы линейных алгебраических уравнений**

Лекций –4 ч., практических занятий – 4 ч, лабораторных работ – 4 ч, КСР – 1 ч, СРС – 8 ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.

При изучении данного раздела выполняются практические задания занятий №1 «Решение систем линейных и нелинейных уравнений» и лабораторной работы №1 «Решение систем линейных и нелинейных уравнений»

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на лабораторной работе №1) стр. 8.

#### **Раздел 3. Методы одномерной минимизации.**

Лекций –2 ч., практических занятий – 2 ч., КСР – 0.5 ч., СРС – 8 ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.

При изучении данного раздела выполняются практические задания занятия №2 «Расчет характеристик аналогово-цифрового преобразователя (АЦП)»

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на практическом занятии №2) стр. 8.

#### **Раздел 4. Приближение таблично заданных функций**

Лекций –2 ч., практических занятий – 2 ч., лабораторных работ – 4 ч., КСР – 0.5, СРС – 6

ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.

При изучении данного раздела выполняется практическое задание занятия №2 «Интерполяция и аппроксимация таблично заданных функций» и лабораторная работа №2 «Приближение функций».

#### **Раздел 5. Решение краевых задач.**

Лекций –2 ч., СРС – 4 ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.

#### **Раздел 6. Решение нелинейных уравнений**

Лекций –2 ч., лабораторных работ – 4 ч., КСР – 0.5, СРС – 4 ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.

При изучении данного раздела выполняется лабораторная работа №3 «Решение нелинейных уравнений».

#### **Раздел 7. Решение задачи Коши**

Лекций –2 ч., практических занятий – 2 ч., лабораторных работ – 4 ч., КСР – 0.5, СРС – 4

ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.

При изучении данного раздела выполняется практическое задание занятия №3 «Решение задачи Коши» и лабораторная работа №4 «Численное решение задачи Коши для дифференциальных уравнений».

#### **Раздел 8. Метод конечных разностей.**

Лекций –2 ч., СРС – 14 ч

Бакалавр должен иметь представление об особенностях вычислительных методов для каждого класса задач, о их достоинствах и недостатках, о вычислительных алгоритмах решения задач.

СРС включает вопросы для самостоятельного изучения (подготовка к обсуждению на консультации) – стр. 8.

В качестве закрепления знаний студентам необходимо ответить на контрольные вопросы. Критерии оценки приведены в ФОС стр. 11.



## 9 . Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории для лекционных занятий	Экран, ноутбук, мультимедийный проектор	Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Программный комплекс – Microsoft Office	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный	Договор №760/0503-13 от 20.06.2013 г. Договор №1083/0503-15 от 18.06.2015 г. Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г. Договор №858/0304-17 от 29.06.2017 г.
Аудитории для проведения практических занятий	Экран, ноутбук, мультимедийный проектор	Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Программный комплекс – Microsoft Office	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный	Договор №760/0503-13 от 20.06.2013 г. Договор №1083/0503-15 от 18.06.2015 г. Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г. Договор №858/0304-17 от 29.06.2017 г.
Аудитория для лабораторных работ	ПК – 11 шт., коммутатор	Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Программный комплекс – Microsoft Office	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный	Договор №760/0503-13 от 20.06.2013 г. Договор №1083/0503-15 от 18.06.2015 г. Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г. Договор №858/0304-17 от 29.06.2017 г.

		Доступ к сети передачи данных (интернет)	Договор №ЭА-230/0503-13 от 19.12.2013 г. Договор №ЭА-8/0503-15 от 30.01.2015 г. Договор №ЕД-210/0503-15 от 29.12.2015 г. Договор №ЕД-290/0503-16 от 29.12.2016 г. Договор №ЕД-19/0304-18 от 12.01.2018 г. Договор №ЭА-75/0304-18 от 30.01.2018 г.
Аудитории для самостоятельной работы	ПК Intel P4-i5 /1-4ГБ ОЗУ-10 шт., коммутатор	Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Программный комплекс – Microsoft Office	Договор № ЭА-231/0503-13 от 20.12.2013 г.; договор № ЭА-193/0503-14 от 24.12.2014 г.; договор № ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.; договор № ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.; договор № ЭД-644/0304-17 от 21.12.2017 г.
		Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный	Договор №760/0503-13 от 20.06.2013 г. Договор №1083/0503-15 от 18.06.2015 г. Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г. Договор №858/0304-17 от 29.06.2017 г.
		Доступ к сети передачи данных (интернет)	Договор №ЭА-230/0503-13 от 19.12.2013 г. Договор №ЭА-8/0503-15 от 30.01.2015 г. Договор №ЕД-210/0503-15 от 29.12.2015 г. Договор №ЕД-290/0503-16 от 29.12.2016 г. Договор №ЕД-19/0304-18 от 12.01.2018 г. Договор №ЭА-75/0304-18 от 30.01.2018 г.

## **10. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.