

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Российский государственный гуманитарный университет»
(РГГУ)**

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Факультет информационных систем и безопасности

Кафедра фундаментальной и прикладной математики

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

Направленность (профиль) Прикладная математика

Уровень квалификации выпускника - бакалавр

Форма обучения - очная

РПД адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями
здоровья и инвалидов

Москва 2017

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Рабочая программа дисциплины

Составители:

Д.пед.н., проф. *Жаров В.К.*

К.пед.н., доц., доц. *Бастрон А.А.*

К. физ.-мат. наук, доц. *Синицын В.Ю.*

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания кафедры

фундаментальной и прикладной математики

№ 14 от 20.06.2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Пояснительная записка

1.1 Цель и задачи дисциплины

1.2. Формируемые компетенции, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

2. Структура дисциплины

3. Содержание дисциплины

4. Образовательные технологии

5. Оценка планируемых результатов обучения

5.1. Система оценивания

5.2. Критерии выставления оценки по дисциплине

5.3. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Список источников и литературы

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

9. Методические материалы

9.1. Планы практических занятий

9.2. Методические рекомендации по подготовке письменных работ

Приложения

Приложение 1. Аннотация дисциплины

Приложение 2. Лист изменений

1. Пояснительная записка

1.1 Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование у студентов базовых представлений о методах вычислительной математики и современных инструментальных средствах компьютерных вычислений под углом зрения их практического применения в различных областях научных исследований и инженерной практики.

Задачи: обучение слушателей элементам математического моделирования с использованием понятий и методов вычислительной математики, а также решать задачи на исследование применяемого алгоритма на устойчивость вычислительного метода и развитие у студентов навыков применения специальных программных средств.

1.2. Формируемые компетенции, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	способность использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования	<p><i>Знать:</i> основные численные методы математического анализа, численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, методы нахождения собственных значений и собственных векторов матриц, численные методы решения задачи Коши и краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений, численные методы решения уравнений с частными производными;</p> <p><i>Уметь:</i> правильно выбирать и при необходимости модифицировать численные методы для решения прикладных задач, оценивать погрешности и интерпретировать полученные результаты;</p> <p><i>Владеть:</i> навыками работы с вычислительными средствами и инструментами разработки профессиональных математических пакетов.</p>

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы» относится к базовой части блока дисциплин учебного плана.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин (модулей): «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Дискретная математика», «Информационные технологии».

В результате освоения дисциплины формируются знания, умения и владения, необходимые для изучения следующих дисциплин: «Исследование операций», «Методы оптимизации», «Математическое моделирование», «Финансовая математика», «Методы принятия решений», «Статистические пакеты прикладных программ».

2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем 56 ч., промежуточная аттестация 18 ч., самостоятельная работа обучающихся 70 ч.

№ п / п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			контактная		Промежуточная аттестация	Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические занятия			
1	Основные понятия вычислительной математики	5	4	6		14	Опрос Тестирование Участие в дискуссии на практическом занятии
2	Численные методы математического анализа	5	4	6		14	Опрос Реферат Тестирование Участие в дискуссии на практическом занятии
3	Численные методы линейной алгебры	5	4	6		14	Опрос Реферат Тестирование Участие в дискуссии на практическом занятии
4	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	5	6	6		14	Опрос Реферат Тестирование Участие в дискуссии на практическом занятии
5	Численные методы решения уравнений с частными производными	5	6	8		14	Опрос Реферат Тестирование Участие в дискуссии на практическом занятии Контрольная работа
6	Экзамен	5			18		Экзамен по билетам
	Итого		24	32	18	70	

3. Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия вычислительной математики.

Основные задачи вычислительной математики. Точные и приближенные числа. Абсолютная и относительная погрешности. Основные источники погрешностей. Запись чисел в ЭВМ. Погрешность функции.

Тема 2. Численные методы математического анализа.

Методы решения нелинейных уравнений. Отделение корней. Уточнение корней: метод половинного деления, метод хорд, метод итераций, метод Ньютона (метод касательных). Сравнение методов. Алгебраические уравнения n -й степени. Численные методы решения систем нелинейных уравнений и задач минимизации. Метод итераций. Метод Ньютона. Постановка задачи интерполирования. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Уравнения в конечных разностях. Многочлены Чебышева и их свойства.

Интерполяционный многочлен с разделенными разностями. Численное дифференцирование. Вычислительная погрешность формул численного дифференцирования. Простейшие квадратурные формулы. Составная формула трапеций. Квадратуры Гаусса и оценка их погрешности. Интегрирование быстроосциллирующих функций и функций с особенностями. Правило Рунге практической оценки погрешности. Теорема о существовании элемента наилучшего приближения в линейном нормированном пространстве. Теорема Валле-Пуссена. Теорема Чебышева. Единственность многочлена наилучшего равномерного приближения. Примеры наилучшего равномерного приближения. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Интерполяция и приближение сплайнами.

Тема 3. Численные методы линейной алгебры.

Метод Гаусса решения систем линейных уравнений. Метод вращений решения систем линейных уравнений. Метод простой итерации решения систем линейных уравнений. Практическая оценка погрешности и ускорение сходимости. Оптимальный одношаговый итерационный процесс. Ускорение сходимости с использованием многочленов Чебышева. Метод наискорейшего градиентного спуска. Метод Зейделя. Необходимые и достаточные условия сходимости процесса Зейделя для системы линейных уравнений. Способы эффективной проверки условий сходимости. Нахождение собственных значений и собственных векторов матрицы. Метод Данилевского. Метод Крылова. Использование коэффициентов характеристического полинома матрицы для её обращения. Метод Люстерника улучшения сходимости процесса итерации для решения системы линейных уравнений.

Тема 4. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Методы Эйлера и Рунге-Кутты решения задачи Коши. Оценка глобальной погрешности метода Эйлера. Жесткие системы дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты. Метод Розенброка. Метод Лебедева. Численные методы решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Оценка погрешности простейшего метода решения краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метод Рунге-Кутты решения краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метод Бунднова-Галеркина решения краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка. Метод стрельбы решения краевой задачи. Метод прогонки решения краевой задачи. Два варианта метода Ньютона решения краевой задачи для нелинейного дифференциального уравнения второго порядка.

Тема 5. Численные методы решения уравнений с частными производными.

Простейшие разностные схемы для уравнений с частными производными. Применение принципа Куранта на примере разностной аппроксимации задачи Коши для гиперболического уравнения первого порядка. Определения аппроксимации, корректности, сходимости. Спектральный признак устойчивости. Примеры его применения для исследования разностных методов задачи Коши для гиперболического уравнения. Принцип замороженных коэффициентов. Примеры применения спектрального признака устойчивости для исследования явной и неявной разностной аппроксимации уравнения теплопроводности. Экономичная схема решения двумерного уравнения теплопроводности.

4. Образовательные технологии

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	2	3	4

1.	Основные понятия вычислительной математики	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция-визуализация с применением слайд-проектора Решение и обсуждение вопросов и задач Решение типовых задач для закрепления и формирования знаний, умений, навыков Консультирование и проверка индивидуальных заданий посредством электронной почты
2.	Численные методы математического анализа	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция-визуализация с применением слайд-проектора Решение и обсуждение вопросов и задач Решение типовых задач для закрепления и формирования знаний, умений, навыков Консультирование и проверка индивидуальных заданий посредством электронной почты
3.	Численные методы линейной алгебры	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция-визуализация с применением слайд-проектора Решение и обсуждение вопросов и задач Решение типовых задач для закрепления и формирования знаний, умений, навыков Консультирование и проверка индивидуальных заданий посредством электронной почты
4.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	Лекция Практическое занятие Самостоятельная работа	Лекция-визуализация с применением слайд-проектора Решение и обсуждение вопросов и задач Решение типовых задач для закрепления и формирования знаний, умений, навыков Консультирование и проверка индивидуальных заданий посредством электронной почты
5	Численные методы решения уравнений с частными производными	Лекция Практическое занятие. Самостоятельная работа	Лекция с разбором конкретных ситуаций Решение и обсуждение вопросов и задач Решение типовых задач для закрепления и формирования знаний, умений, навыков Консультирование и проверка индивидуальных заданий посредством электронной почты

5. Оценка планируемых результатов обучения

5.1. Система оценивания

Форма контроля	Макс. количество баллов	
	За одну работу	Всего
Текущий контроль:		
- Опрос (тема 1-5)	1 балл	5 баллов
- Реферат (тема 2-5)	2 балла	8 баллов
- Тестирование (тема 1-5)	5 баллов	25 баллов
- Участие в обсуждении практических работ (тема 1-5)	1 балл	10 баллов
- Контрольная работа (тема 5)	12 баллов	12 баллов

Промежуточная аттестация (экзамен по билетам)		40 баллов
Итого за семестр (дисциплину) Экзамен		100 баллов

Полученный совокупный результат конвертируется в традиционную шкалу оценок и в шкалу оценок Европейской системы переноса и накопления кредитов (European Credit Transfer System; далее – ECTS) в соответствии с таблицей:

100-балльная шкала	Традиционная шкала		Шкала ECTS
95 – 100	отлично	зачтено	A
83 – 94			B
68 – 82	хорошо		C
56 – 67	удовлетворительно		D
50 – 55		E	
20 – 49	неудовлетворительно	не зачтено	FX
0 – 19			F

5.2. Критерии выставления оценки по дисциплине

Баллы/ Шкала ECTS	Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
100-83/ A, B	отлично	<p>Выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил теоретический и практический материал, может продемонстрировать это на занятиях и в ходе промежуточной аттестации.</p> <p>Обучающийся исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет увязывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения.</p> <p>Свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «высокий».</p>
82-68/ C	хорошо	<p>Выставляется обучающемуся, если он знает теоретический и практический материал, грамотно и по существу излагает его на занятиях и в ходе промежуточной аттестации, не допуская существенных неточностей.</p> <p>Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами.</p> <p>Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «хороший».</p>
67-50/ D, E	удовлетворительно	<p>Выставляется обучающемуся, если он знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации.</p>

Баллы/ Шкала ECTS	Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
		Обучающийся испытывает определённые затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приёмами. Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «достаточный».
49-0/ F, FX	неудовлетворительно	Выставляется обучающемуся, если он не знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации. Обучающийся испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации. Компетенции на уровне «достаточный», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

5.3. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Текущий контроль

Примерные вопросы для тестирования:

Вариант теста № 1

по теме «Численные методы математического анализа»:

На портале НОУ ИНТУИТ тесты 1, 4-7 к лекциям 2, 5-8 в учебном курсе

«Введение в вычислительную математику». - Режим доступа:
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1012/168/info>

Примечание: по решению преподавателя тестирование по теме может быть проведено при помощи других дистанционных учебных курсов (раздел 6.2).

Вариант теста № 2

по теме «Численные методы линейной алгебры»:

На портале НОУ ИНТУИТ тесты 2, 3 к лекциям 3, 4 в учебном курсе

«Введение в вычислительную математику». - Режим доступа:
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1012/168/info>

На портале НОУ ИНТУИТ тест 4 к лекциям 6-9 в учебном курсе

«Основы вычислительной математики». - Режим доступа:
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1083/324/info>

Примечание: по решению преподавателя тестирование по теме может быть проведено при помощи других дистанционных учебных курсов (раздел 6.2).

Вариант теста № 3**по теме «Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений»:**

На портале НОУ ИНТУИТ тесты 8-10 к лекциям 9-11 в учебном курсе

«Введение в вычислительную математику». - Режим доступа:

<http://www.intuit.ru/studies/courses/1012/168/info>

Примечание: по решению преподавателя тестирование по теме может быть проведено при помощи других дистанционных учебных курсов (раздел 6.2).

Вариант теста № 4**по теме «Численные методы решения уравнений с частными производными»:**

На портале НОУ ИНТУИТ тесты 1-3, 6 к лекциям 1-3, 6 в учебном курсе

«Численные методы решения уравнений в частных производных». - Режим доступа:

<http://www.intuit.ru/studies/courses/1170/213/info>**Примерные задания для итогового тестирования**

Экзамен на портале НОУ ИНТУИТ по курсу «Введение в вычислительную математику». -

Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1012/168/info>**Примерные темы рефератов**

1. Вычисление числа π с заданной точностью.
2. Разложение функций в цепные дроби.
3. Приближенное нахождение сумм числовых рядов.
4. Приближенное решение алгебраических и трансцендентных уравнений. Метод Ньютона для случая комплексных корней.
5. Улучшение сходимости степенных рядов методом Эйлера-Абея.
6. Улучшение сходимости тригонометрических рядов Фурье методом Крылова.
7. Вычисление обратной матрицы и определителя методом Гаусса.
8. Решение системы линейных уравнений методом квадратных корней.
9. Схема Халецкого для решения систем линейных уравнений.
10. Решение системы линейных уравнений методом релаксации.
11. Решение системы линейных уравнений методом Монте-Карло.
12. Исправление элементов приближенной обратной матрицы.
13. Достаточные условия сходимости процесса Зейделя.
14. Сравнение различных методов разветвления векового определителя.
15. Метод скорейшего спуска для случая системы линейных уравнений.
16. Приближенное решение систем нелинейных уравнений модифицированным методом Ньютона.
17. Интерполяционные формулы Ньютона, Гаусса, Стирлинга, Бесселя.
18. Интерполирование функций двух переменных.
19. Приближенное вычисление несобственных интегралов.
20. Приближенное вычисление интегралов методом Монте-Карло.

Вариант контрольной работы:

1. Из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]
Стр. 226 №. 7.1, Стр. 35 № 2.4, Стр. 49 № 2.12, 2.17, Стр. 226 -227 №. 7.1- 7.2, Стр. 68 № 3.1, Стр. 71 № 3.10, Стр. 75 № 3.12, Стр. 70 №. 3.8, Стр. 98 № 4.1, 4.4, Стр. 141 №. 5.2, Стр. 152 №. 5.12, Стр. 164-170 №. 6.1, 6.9, 6.23 (случайно назначается один подпункт для каждого из пяти случайно выбранных заданий). Все задачи требуется решить при помощи использованных на практических занятиях программных средств.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Примерные контрольные вопросы по курсу:

1. Основные задачи вычислительной математики. Точные и приближенные числа. Абсолютная и относительная погрешности. Запись чисел в ЭВМ.
2. Методы решения нелинейных уравнений. Метод половинного деления, метод хорд, метод итераций, метод Ньютона (метод касательных). Сравнение методов.
3. Численные методы решения систем нелинейных уравнений и задач минимизации. Метод итераций. Метод Ньютона.
4. Постановка задачи интерполирования. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Уравнения в конечных разностях. Многочлены Чебышева и их свойства.
5. Численное дифференцирование. Вычислительная погрешность формул численного дифференцирования.
6. Простейшие квадратурные формулы. Составная формула трапеций. Квадратуры Гаусса и оценка их погрешности.
7. Интегрирование быстроосциллирующих функций и функций с особенностями. Правило Рунге практической оценки погрешности.
8. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Интерполяция и приближение сплайнами.
9. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений.
10. Метод вращений решения систем линейных уравнений.
11. Метод простой итерации решения систем линейных уравнений. Практическая оценка погрешности и ускорение сходимости.
12. Метод наискорейшего градиентного спуска.
13. Метод Зейделя. Необходимые и достаточные условия сходимости процесса Зейделя для системы линейных уравнений.
14. Нахождение собственных значений и собственных векторов матрицы. Метод Данилевского. Метод Крылова.
15. Метод Люстерника улучшения сходимости процесса итерации для решения системы линейных уравнений.
16. Методы Эйлера и Рунге-Кутты решения задачи Коши. Оценка глобальной погрешности метода Эйлера.
17. Жесткие системы дифференциальных уравнений. Метод Ракитского. Метод Розенброка. Метод Лебедева.
18. Численные методы решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.
19. Оценка погрешности простейшего метода решения краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка.
20. Метод Ритца решения краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка.
21. Метод Бубнова-Галеркина решения краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка.
22. Метод стрельбы решения краевой задачи. Метод прогонки решения краевой задачи.
23. Два варианта метода Ньютона решения краевой задачи для нелинейного дифференциального уравнения второго порядка.
24. Простейшие разностные схемы для уравнений с частными производными.
25. Разностная аппроксимация задачи Коши для гиперболического уравнения первого порядка.

26. Определения аппроксимации, корректности, сходимости. Связь аппроксимации, корректности и сходимости.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Список источников и литературы

Литература

Основная

1. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М. : ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]
2. Бахвалов Н.С. Численные методы: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей. - 3-е изд., доп. и перераб. - М.: БИНОМ, Лаб. знаний, 2003. - 632 с.
3. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов "Прикладная математика". - М.: Высш. шк., 2002. - 839 с.

Дополнительная

1. Аладьев В. З. Системы компьютерной алгебры: MAPLE: искусство программирования / В. З. Аладьев. - М.: Лаб. базовых знаний, 2006. - 791 с.
2. Алексеев В. Е. Графы и алгоритмы. Структура данных. Модели вычислений: учебник / В. Е. Алексеев, В. А. Таланов. - М.: Интернет-Ун-т информ. технологий: БИНОМ, Лаб. знаний, 2006. - 318 с.
3. Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 2000. - 189 с.
4. Бубнов В. А. Линейная алгебра: компьютерный практикум / В. Бубнов, Г. Толстова, О. Клемешова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Лаб. базовых знаний, 2005. - 168 с.
5. Воробьев Е. М. Введение в систему символьных, графических и численных вычислений "Математика-5": учеб. пособие для студентов вузов / Е. М. Воробьев. - М.: Диалог-МИФИ, 2005. - 365 с.

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- 1 Бояршинов Б. Численные методы. Учеб. видеокурс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/2317/617/info>
- 2 Бояршинов Б. Приближенные и численные методы решения дифференциальных уравнений. Учеб. видеокурс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/10971/1116/info>
- 3 Воеводин В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. Учеб. курс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1047/248/info>
- 4 Кирьянов Д. Высшая математика на MathCAD. Учеб. курс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/476/332/info>
- 5 Лобанов А., Петров И. Введение в вычислительную математику. Учеб. курс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1012/168/info>
- 6 Лобанов А. Основы вычислительной математики. Учеб. видеокурс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1083/324/info>
- 7 Лобанов А., Петров И. Численные методы решения уравнений в частных производных. Учеб. курс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1170/213/info>

- 8 Лобанов А. Введение в численные методы решения квазилинейных уравнений параболического типа. Учеб. видеокурс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/585/441/info>
- 9 Холодов А. Нелинейные вычислительные процессы. Учеб. видеокурс НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/470/326/info>
- 10 Учебно-образовательная физико-математическая библиотека на портале МИР МАТЕМАТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>
- 11 Программирование в среде R [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.r-project.org/>
- 12 Язык и среда R [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://r-statistics.livejournal.com/>
- 13 Перечень современных профессиональных баз данных (БД) и информационно-справочных систем (ИСС)

№п/п	Наименование
1	Профессиональные полнотекстовые БД, доступные в рамках национальной подписки в 2017 г. Журналы Oxford University Press ProQuest Dissertation & Theses Global SAGE Journals Журналы Taylor and Francis
2	Компьютерные справочные правовые системы Консультант Плюс, Гарант

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для материально-технического обеспечения дисциплины необходимы:

- для лекций:

- учебная аудитория,
- доска,
- проектор (стационарный или переносной),
- компьютер или ноутбук,
- программное обеспечение (ПО).

Перечень программного обеспечения (ПО)

№п/п	Наименование ПО	Способ распространения
1	Microsoft Office 2010 Pro	лицензионное
2	Windows XP или Windows 7	лицензионное
3	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное

- для практических занятий:

- лаборатория или компьютерный класс,
- доска,
- проектор (стационарный или переносной),
- компьютер или ноутбук для преподавателя,
- компьютеры для обучающихся,
- выход в Интернет,
- программное обеспечение (ПО).

Перечень программного обеспечения (ПО)

№п/п	Наименование ПО	Способ распространения
1	Windows 7	лицензионное
2	Microsoft office 2010 Pro	лицензионное
3	Microsoft Visual Studio 2005	лицензионное
4	Mozilla Firefox	свободный доступ
5	Matlab	лицензионное
6	Mathcad Education - University edition	лицензионное
7	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
 - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.
- для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
 - в форме аудиофайла.
- для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа;
 - в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

- для слепых и слабовидящих:
 - устройством для сканирования и чтения с камерой SARA CE;
 - дисплеем Брайля PAC Mate 20;
 - принтером Брайля EmBraille ViewPlus;
- для глухих и слабослышащих:
 - автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;
 - акустический усилитель и колонки;
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
 - компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

9. Методические материалы

9.1. Планы практических занятий

Тема № 1. Теория приближенных вычислений. Первая тестовая система уравнений. Вторая тестовая система уравнений.

Задания:

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Абсолютная и относительная погрешность.
2. Погрешность округленного числа.
3. Погрешности арифметических действий.
4. Погрешности элементарных функций.
5. Метод границ.
6. Обратная задача теории погрешностей.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 28 -35 № 2.1- 2.3

Тема № 2. Численные методы решения скалярных уравнений

Задания:

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Метод хорд.
2. Метод касательных.
3. Метод простой итерации.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 226 -253 №. 7.1- 7.30

Тема №3. Численные методы решения систем линейных уравнений**Задания:**

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Метод Гаусса-Жордана.
2. Метод простой итерации.
3. Метод Зейделя.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 35 №. 2.4

Стр. 49 -53 №. 2.12- 2.15, 2.17, 2.20, 2.24

Тема № 4. Численные методы решения систем нелинейных уравнений**Задания:**

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Метод простой итерации
2. Метод Ньютона.
3. Интерполяционные методы
4. Метод Эйткена ускорения сходимости
5. Итерационные методы для системы нелинейных уравнений
6. Нелинейные методы

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 226 -263 №. 7.1- 7.37

Тема №5. Приближение значения таблично заданной функции в точке с помощью интерполяционных многочленов**Задания:**

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Интерполяционный полином Лагранжа.
2. Интерполяционные полиномы Ньютона.
3. Интерполирование сплайнами.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 68-74 № 3.1-3.5

Тема № 6. Обратное интерполирование

Задания:

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Обратное интерполирование с использованием формул Ньютона.
2. Обратное интерполирование с использованием формулы Лагранжа.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 71-74 № 3.9- 3.11

Тема №7. Дискретный вариант среднеквадратичных приближений. Метод наименьших квадратов

Задания:

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. МНК. Линейная функция.
2. МНК. Квадратичная функция.
3. МНК. Степенная функция.
4. МНК. Показательная функция.
5. МНК. Логарифмическая функция.
6. МНК. Гиперболическая функция.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 75-86 № 3.12- 3.21

Тема №8. Численное дифференцирование

Задания:

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Дифференцирование с помощью интерполяционной формулы Лагранжа.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 70-72 №. 3.6 - 3.8

Тема №9. Численное интегрирование**Задания:**

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Метод прямоугольников.
2. Метод Симпсона.
3. Метод трапеций.
4. Метод Монте-Карло.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 98-125 № 4.1- 4.29

Тема №10. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений**Задания:**

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Метод Пикара.
2. Метод Эйлера и его модификации.
3. Метод Рунге-Кутты.
4. Метод Адамса.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]

Стр. 141-149 №. 5.1- 5.8

Стр. 152-151 №. 5.12- 5.20

Тема № 11. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных**Задания:**

Знать изучаемые понятия темы и решить типовые задачи для закрепления и формирования знаний, умений, навыков.

Изучаемые понятия темы:

1. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом сеток.
2. Решение уравнения теплопроводности методом сеток.
3. Решение уравнения колебаний струны методом сеток.

Указания по выполнению заданий:

Примерные задачи для решения в аудитории (по индивидуальным вариантам):

из книги Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]
Стр. 164-197 №. 6.1- 6.17, 6.23-6.26

9.2. Методические рекомендации по подготовке письменных работ

Реферат по дисциплине «Численные методы» объёмом 15-20 страниц выполняется студентом по теме, согласованной с преподавателем (раздел 5.4). Правила оформления реферата совпадают с правилами оформления курсовой работы, которые подробно изложены в «Методических рекомендациях по разработке, написанию, оформлению и защите курсовых работ», размещенных на официальном сайте кафедры ФПМ ИИНТБ.

Реферат должен отвечать следующим требованиям:

- глубокой теоретической проработке исследуемых проблем на основе анализа изученных источников;
- всестороннего использования статистических и другихнеобходимых аналитических данных и сведений, характеризующих рассматриваемые процессы;
- умелой систематизации изучаемого материала, обобщению и выделению главного;
- аналитического и критического подхода к изучаемым фактам, проблеме, поставленной в работе;
- аргументированности выводов, обоснованности предложений и рекомендаций;
- логичности, последовательности и самостоятельности изложения решаемой проблемы.

В разработке реферата выделяют следующие этапы:

Выбор темы и согласование ее с руководителем.

Подбор источников (литературы).

Изучение требований к оформлению работы.

Оформление организационных документов по написанию работы (задание, план и график написания).

Написание работы и представление ее руководителю на проверку.

Защита работы.

План реферата включает следующие элементы:

Тема работы.

Введение.

Два-три вопроса, рассматриваемые в работе, например:

1.
- 1.2.
2. и т.д.

Заключение.

Приложения (графики, таблицы и т.д.).

Список использованной литературы.

Критерии оценки реферата:

1. Соответствие теме;
2. Правильность и полнота использования научной литературы;
3. Оформление реферата.

На доклад по защите реферата (доклада – презентации) может отводиться до 10 мин.

Приложения

Приложение 1

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Численные методы» реализуется на факультете информационных систем и безопасности кафедрой фундаментальной и прикладной математики.

Цель дисциплины: формирование у студентов базовых представлений о методах вычислительной математики и современных инструментальных средствах компьютерных вычислений под углом зрения их практического применения в различных областях научных исследований и инженерной практики.

Задачи: обучение слушателей элементам математического моделирования с использованием понятий и методов вычислительной математики, а также решать задачи на исследование применяемого алгоритма на устойчивость вычислительного метода и развитие у студентов навыков применения специальных программных средств.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- ОПК-2- способность использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные численные методы математического анализа, численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, методы нахождения собственных значений и собственных векторов матриц, численные методы решения задачи Коши и краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений, численные методы решения уравнений с частными производными;

Уметь: правильно выбирать и при необходимости модифицировать численные методы для решения прикладных задач, оценивать погрешности и интерпретировать полученные результаты;

Владеть: навыками работы с вычислительными средствами и инструментами разработки профессиональных математических пакетов.

По дисциплине предусмотрена промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

*Приложение 2***ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ**

№	Текст актуализации или прилагаемый к РПД документ, содержащий изменения	Дата	№ протокола
1	Приложение к листу изменений №1	20.06.18	13
2	Приложение к листу изменений №2	28.06.19	13
3	Приложение к листу изменений №3	22.06.20	13

1. Перечень программного обеспечения (ПО) (к п.7 на 2018г.)*- для лекций:**Таблица 1*

№п/п	Наименование ПО	Способ распространения
1	Microsoft Office 2010 Pro	лицензионное
2	Windows XP / Windows 7 / Windows 10	лицензионное
3	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное

*- для практических занятий:**Таблица 2*

№п/п	Наименование ПО	Способ распространения
1	Microsoft Office 2010 Pro	лицензионное
2	Windows XP или Windows 7	лицензионное
3	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное
4	Microsoft Visual Studio 2005	лицензионное
5	Mozilla Firefox	свободный доступ
6	Matlab	лицензионное
7	Mathcad Education - University edition	лицензионное

2. Перечень современных профессиональных баз данных (БД) и информационно-справочных систем (ИСС) (к п.6.2 на 2018г.)*Таблица 3*

№п/п	Наименование
1	Профессиональные полнотекстовые БД, доступные в рамках национальной подписки в 2018 г. Журналы Cambridge University Press ProQuest Dissertation & Theses Global SAGE Journals Журналы Taylor and Francis Электронные издания издательства Springer
2	Компьютерные справочные правовые системы Консультант Плюс, Гарант

1. Перечень программного обеспечения (ПО) (к п.7 на 2019г.)*- для лекций:**Таблица 1*

№п/п	Наименование ПО	Способ распространения
1	Microsoft Office 2010 Pro	лицензионное
2	Windows XP / Windows 7 / Windows 10	лицензионное
3	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное

*- для практических занятий:**Таблица 2*

№п/п	Наименование ПО	Способ распространения
1	Windows XP / Windows 7 / Windows 10	лицензионное
2	Microsoft office 2010 Pro	лицензионное
3	Microsoft Visual Professional	лицензионное
4	Mozilla Firefox	свободно распространяемое
5	Matlab	лицензионное
6	Mathcad Education - University edition	лицензионное
7	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное

2. Перечень современных профессиональных баз данных (БД) и информационно-справочных систем (ИСС) (к п.6.2 на 2019г.)*Таблица 3*

№п/п	Наименование
1	Профессиональные полнотекстовые БД, доступные в рамках национальной подписки в 2019 г. Журналы Cambridge University Press ProQuest Dissertation & Theses Global SAGE Journals Журналы Taylor and Francis
2	Компьютерные справочные правовые системы Консультант Плюс, Гарант

3. Список источников и литературы (п.6.1)**Литература***Основная*

1. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М. : ИНФРА-М, 2014. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - [ЭБС Znanium.com]
2. Бахвалов Н.С. Численные методы: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей. - 3-е изд., доп. и перераб. - М.: БИНОМ, Лаб. знаний, 2003. - 632 с.
3. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов "Прикладная математика". - М.: Высш. шк., 2002. - 839 с.
4. Бастрон А. А. Практикум по численным методам в вычислительных средах MATLAB и Mathcad : учебное пособие / А. А. Бастрон, Е. П. Охапкина ; [Минобрнауки России, Федер. гос. образоват. бюджетное учреждение высш. образования "Рос. гос. гуманитарный ун-т",

Фак. информ. систем и безопасности, Каф. фундам. и прикладной математики]. - Москва : РГГУ, 2019. - 162 с.

Дополнительная

1. Аладьев В. З. Системы компьютерной алгебры: MAPLE: искусство программирования / В. З. Аладьев. - М.: Лаб. базовых знаний, 2006. - 791 с.
2. Алексеев В. Е. Графы и алгоритмы. Структура данных. Модели вычислений: учебник / В. Е. Алексеев, В. А. Таланов. - М.: Интернет-Ун-т информ. технологий: БИНОМ, Лаб. знаний, 2006. - 318 с.
3. Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 2000. - 189 с.
4. Бубнов В. А. Линейная алгебра: компьютерный практикум / В. Бубнов, Г. Толстова, О. Клемешова. - 2-е изд., испр. и доп.- М.: Лаб. базовых знаний, 2005. - 168 с.
5. Воробьев Е. М. Введение в систему символьных, графических и численных вычислений "Математика-5": учеб. пособие для студентов вузов / Е. М. Воробьев. - М.: Диалог-МИФИ, 2005. - 365 с.

1. Образовательные технологии (к п.4 на 2020г.)

В период временного приостановления посещения обучающимися помещений и территории РГГУ для организации учебного процесса с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий могут быть использованы следующие образовательные технологии:

- видео-лекции;
- онлайн-лекции в режиме реального времени;
- электронные учебники, учебные пособия, научные издания в электронном виде и доступ к иным электронным образовательным ресурсам;
- системы для электронного тестирования;
- консультации с использованием телекоммуникационных средств.

2. Перечень современных профессиональных баз данных (БД) и информационно-справочных систем (ИСС) (к п. 6.2 на 2020г.)

Таблица 1

№ п/п	Наименование
1	Профессиональные полнотекстовые БД, доступные в рамках национальной подписки в 2020 г. Журналы Cambridge University Press SAGE Journals Журналы Taylor and Francis
2	Компьютерные справочные правовые системы Консультант Плюс, Гарант

3. Перечень программного обеспечения (ПО) (к п.7 на 2020г.)

- для лекций:

Таблица 2

№ п/п	Наименование ПО	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
1	Microsoft Office 2010 Pro	лицензионное
2	Windows XP/ Windows 7 / Windows 10	лицензионное
3	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное
4	Zoom	лицензионное

- для практических занятий:

Таблица 3

№ п/п	Наименование ПО	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
1	Windows XP / Windows 7 / Windows 10	лицензионное
2	Microsoft office 2010 Pro	лицензионное
3	Microsoft Visual Professional	лицензионное
4	Mozilla Firefox	свободно распространяемое
5	Matlab	лицензионное
6	Mathcad Education - University edition	лицензионное
7	Kaspersky Endpoint Security	лицензионное
8	Zoom	лицензионное