


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**УТВЕРЖДЕНО**

решением Ученого совета факультета математики,  
информационных и авиационных технологий

от «16» июня 2020 г., протокол № 5/20

Председатель \_\_\_\_\_ / М.А. Волков  
«16» июня 2020 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Численные методы
Факультет	Математики, информационных и авиационных технологий (ФМИАТ)
Кафедра	Информационные технологии (ИТ)
Курс	2

Направление: 11.03.02 - «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
*код направления (специальности), полное наименование*

Профиль: «Интернет и гетерогенные сети»  
*полное наименование*

Форма обучения: очная  
*очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)*

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «1» сентября 2020 г.

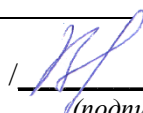
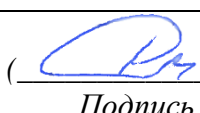
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 1 сентября 2021 г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 1 сентября 2022 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 1 сентября 2023 г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Семушин Иннокентий Васильевич	Информационные технологии	профессор, д.т.н, профессор

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой информационных технологий, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей
 _____ / Волков М.А. / <i>(подпись)</i> <i>(Ф.И.О.)</i> «10» июня 2020 г.	 _____ / Смагин А.А. / <i>Подпись</i> <i>ФИО</i> «10» июня 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Численные методы» (ЧМ) знакомит студентов с основополагающими положениями теории и практическими вопросами компьютерной реализации численных методов с акцентом на учет погрешностей вычислений.

Предметом изучения являются основные численные методы решения задач линейной алгебры и математического анализа без попытки охватить все многообразие численных методов.

**Цели дисциплины «Численные методы» –**

- заложить базовые знания и умения в области построения и особенностей компьютерной реализации численных методов для систем обработки информации и управления;
- обеспечить понимание фундаментальных концепций в проблемах анализа погрешностей численных методов;
- привить навыки алгоритмического мышления и способность разбираться в приложениях теории численных методов.

Названная дисциплина будет использована при изучении отдельных дисциплин профессионального цикла, а также к применению этих знаний и умений в дальнейшей учебе и практической деятельности и при выполнении курсовых и дипломных работ.

**Задачи дисциплины –** охватить изучением пять базовых разделов, а именно:

- (1) методы Гаусса и Гаусса-Жордана исключения неизвестных в задачах решения систем линейных алгебраических уравнений, отыскания обратной матрицы и вычисления определителя, посредством стандартных и современных векторно-ориентированных алгоритмов  $LU$ -разложения,
- (2) методы разложения Холецкого положительно определенных матриц, имеющие практическое значение в численных методах оптимизации,
- (3) методы Хаусхолдера, Гивенса и Грама-Шмидта ортогональных преобразований в задачах решения систем линейных алгебраических уравнений, отыскания обратной матрицы, а также при решении переопределенных систем уравнений,
- (4) метод наименьших квадратов в задаче решения произвольных систем уравнений, включая две интерпретации задачи: детерминистскую и статистическую,
- (5) итерационные методы численного отыскания корней линейных и нелинейных уравнений: базовые методы Якоби, Зейделя, Ричардсона, Юнга и Ньютона.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП


Дисциплина ЧМ запланирована как обязательная дисциплина вариативной части базового цикла Б1 образовательной программы для студентов направления 11.03.02 - «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

**Пререквизиты** (*предшествующие учебные дисциплины*, успешное изучение которых необходимо для полного освоения программы ЧМ): Алгебра и геометрия; Математический анализ, Дискретная математика и математическая логика, Имитационное моделирование.

**Кореквизиты** (*параллельные учебные дисциплины*, успешное изучение которых способствует успешному освоению программы ЧМ): Теория систем и системный анализ.

**Постреквизиты** (*последующие учебные дисциплины*, для успешного изучения которых требуется полное освоение программы ЧМ): Теория информации, Методы статистического кодирования в системах передачи данных, Системы принятия решений, Моделирование систем.


Результаты освоения дисциплины ЧМ необходимы также для прохождения преддипломной практики и подготовки к государственной итоговой аттестации.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Численные методы» направлен на формирование следующих компетенций.

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций. <i>В результате изучения дисциплины ЧМ студент должен:</i>
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать:</b> что составляет содержание основных задач численных методов и типовых алгоритмов их решения; как численные методы и компьютеры применяются к проблемам реального мира и как с их помощью решаются практические задачи обработки данных;</li> <li>• <b>уметь:</b> применять положения математической теории численных методов для решения задач профессиональной деятельности; анализировать структуру погрешностей, сопровождающих решение вычислительных задач, свойства корректности и обусловленности задач и методов вычислений, сравнительные характеристики прямых и итерационных методов решения линейных систем уравнений и классические методы решения нелинейных уравнений;</li> <li>• <b>владеть</b> навыками решения задач и применения алгоритмов метода наименьших квадратов, основами решения проблемы собственных значений матриц.</li> </ul>
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать:</b> что составляет содержание основных задач численных методов и типовых алгоритмов их решения; как численные методы и компьютеры применяются к проблемам реального мира и как с их помощью решаются практические задачи обработки данных;</li> <li>• <b>уметь:</b> применять положения математической теории численных методов для решения задач профессиональной деятельности; анализировать структуру погрешностей, сопровождающих решение вычислительных задач, свойства корректности и обусловленности задач и методов вычислений, сравнительные характеристики прямых и итерационных методов решения линейных систем уравнений и классические методы решения нелинейных уравнений;</li> <li>• <b>владеть</b> навыками решения задач и применения алгоритмов метода наименьших квадратов, основами решения проблемы собственных значений матриц.</li> </ul>
ОПК-3 Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представ-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать:</b> что составляет содержание основных задач численных методов и типовых алгоритмов их решения; как численные методы и компьютеры применяются к пробле-</li> </ul>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

<p>ления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности</p>	<p>мам реального мира и как с их помощью решаются практические задачи обработки данных;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>уметь:</b> применять положения математической теории численных методов для решения задач профессиональной деятельности; анализировать структуру погрешностей, сопровождающих решение вычислительных задач, свойства корректности и обусловленности задач и методов вычислений, сравнительные характеристики прямых и итерационных методов решения линейных систем уравнений и классические методы решения нелинейных уравнений;</li> <li>• <b>владеть</b> навыками решения задач и применения алгоритмов метода наименьших квадратов, основами решения проблемы собственных значений матриц.</li> </ul>
<p>ПК-1 Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>знать:</b> что составляет содержание основных задач численных методов и типовых алгоритмов их решения; как численные методы и компьютеры применяются к проблемам реального мира и как с их помощью решаются практические задачи обработки данных;</li> <li>• <b>уметь:</b> применять положения математической теории численных методов для решения задач профессиональной деятельности; анализировать структуру погрешностей, сопровождающих решение вычислительных задач, свойства корректности и обусловленности задач и методов вычислений, сравнительные характеристики прямых и итерационных методов решения линейных систем уравнений и классические методы решения нелинейных уравнений;</li> <li>• <b>владеть</b> навыками решения задач и применения алгоритмов метода наименьших квадратов, основами решения проблемы собственных значений матриц.</li> </ul>

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е.

В конце семестра предусмотрена **промежуточная аттестация** в форме зачета.


**Текущий контроль успеваемости** реализуется посредством трех контрольных работ (их содержательная тематика приведена в Фонде оценочных средств).

**4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 3 з.е.**

**4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы: 108 часов**

**Форма: очная**

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		4
1	2	3

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	48/48*	48/48*
Аудиторные занятия:	48/48*	48/48*
Лекции	32/32*	32/32*
Семинары и практические занятия	16/16*	16/16*
Лабораторные работы, практикумы	-	-
Самостоятельная работа	60	60
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Опрос, контрольная работа, проверка заданий	Опрос, контрольная работа, проверка заданий
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачёт	зачёт
Всего часов по дисциплине	108	108

\*Количество часов работы ППС с обучающимися в дистанционном формате с применением электронного обучения


В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

#### 4.3. Содержание дисциплины


Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля надлежащей успеваемости (ТКНУ) и достигнутого уровня знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Раздел 1. Обзор содержания и оценивание курса</b>							
1.1. Обзор курса численных методов.	1,5	1	0	0	0	0,5	Опрос
1.2. Система ТКНУ и финальное оценивание.	2	1	0,5	0	1	0,5	Опрос
<b>ИТОГО</b>	<b>3,5</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	Опрос
<b>Раздел 2. Методы Гаусса и Гаусса-Жордана</b>							
2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана.	3,5	1	0,5	0	1	2	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1
2.2. Стратегии выбора ведущего элемента.	3,5	1	0,5	0	0	2	Решение задач в рабочей тетради
2.3. Погрешности	4	1	1	0	0	2	Решение задач


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

численных методов.							в рабочей тетради
2.4. Вычисление обратной матрицы.	5	1	1	0	1	3	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1
2.5. Компактные схемы $LU$ -разложения.	4	1	1	0	1	2	Решение задач в рабочей тетради
2.6. Плохо обусловленные матрицы.	4	1	1	0	0	2	Решение задач в рабочей тетради
<b>ИТОГО</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>3 = КР №1</b>	<b>13</b>	<b>Контрольная работа №1 = <math>V_{кр-1}</math> баллов.</b>
<b>Раздел 3. Методы разложения Холецкого</b>							
3.1. Положительно определенные матрицы.	4	2	0	0	0	2	Решение задач в рабочей тетради
3.2. Квадратные корни матриц и квадратичные формы.	5	2	1	0	0	2	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.3. Стандартные алгоритмы Холецкого.	5	2	1	0	1	2	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.4. $ijk$ -алгоритмы разложения Холецкого.	5	2	1	0	1	2	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.5. Алгоритмы окаймления.	4	1	1	0	1	2	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
<b>ИТОГО</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3 = КР №2</b>	<b>10</b>	<b>Контрольная работа №2 = <math>V_{кр-2}</math> баллов.</b>
<b>Раздел 4. Методы ортогональных преобразований</b>							
4.1. Ортогональные матрицы и их приложения.	4	2	0	0	0	2	Проработка теоретического материала
4.2. Метод отражений Хаусхолдера.	5	2	1	0	1	2	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.
4.3. Метод вращений Гивенса.	5	2	1	0	1	2	Контрольная работа №3. Домашнее за-

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

							дание к КР №3.
4.4. Методы Грама-Шмидта.	5	2	1	0	1	2	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.
<b>ИТОГО</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3 = КР №3</b>	<b>8</b>	<b>Контрольная работа №3 = В<sub>кр-3</sub> баллов.</b>
<b>Раздел 5. Метод наименьших квадратов</b>							
5.1. Задача и метод наименьших квадратов (МНК).	5,5	1	0,5	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
5.2. Метод нормальных уравнений.	5,5	1	0,5	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
5.3. Методы последовательного решения задачи МНК.	5,5	1	0,5	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
<b>ИТОГО</b>	<b>16,5</b>	<b>3</b>	<b>1,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>Реферат РРТ-1 в рабочей тетради</b>
<b>Раздел 6. Заключение – итерационные методы</b>							
6.1. Классические методы Якоби и Зейделя.	5,5	1	0,5	0	0	4	Проработка теоретического материала
6.2. Каноническая форма одношаговых ИМ.	5,5	1	0,5	0	0	4	Проработка теоретического материала
6.3. Методы простой итерации, Ричардсона, Юнга.	5,5	1	0,5	0	0	4	Проработка теоретического материала
6.4. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений.	5,5	1	0,5	0	0	4	Проработка теоретического материала.
<b>ИТОГО</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>Реферат РРТ-2 в рабочей тетради</b>
<b>Зачет</b>							ТКНУ= Посещаемость + (КР №1-2-3) + (РРТ-1 + РРТ-2) + Ответ на вопросы зачета..
<b>Правило выставления оценки за курс: Итоговый балл FG = 0,05*А+0, 30*Н/2+0, 65*Е/4.</b> <i>Посещаемость А = 100 – Р, где Р = штраф за N неуважительных пропусков: Р = 0 при N = 0; Р =</i>							



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

10 при  $N = 1$ ;  $P = 50 + 50 \cdot (N - 2)$  при  $2 \leq N \leq 7$ ;  $P = 300 + 200 \cdot (N - 7)$ , при  $7 \leq N$ .  
 Выполнение заданий по РРТ-1,2:  $H = \text{РРТ-1} + \text{РРТ-2}$ , где РРТ- $i$  – процент выполнения  $i$ -го РРТ.  
 Экзамен:  $E = (V_{кр-1}) + (V_{кр-2}) + (V_{кр-3}) + (V_{юз})$ , где  $(V_{кр-i})$  – процент выполнения  $i$ -й КР,  $(V_{юз})$  – уровень ответа на вопросы зачета во время зачетной сессии ( $V_{юз}$ ).  
 Отображение  $FG$  на стандартную шкалу экзаменационных оценок:  $FG = \{56 : 100\} \Rightarrow$  «зачтено»;  $FG = \{0 : 55\} \Rightarrow$  «незачтено». (Шаг по 15 баллов на каждую из трех положительных оценок:  $FG = \{86 : 100\} \Rightarrow$  «отлично»;  $FG = \{71 : 85\} \Rightarrow$  «хорошо»;  $FG = \{56 : 70\} \Rightarrow$  «удовлетворительно».)  
 (Это правило показывает общий принцип, доказавший свою работоспособность за многие годы применения. Его отдельные параметры могут быть незначительно скорректированы в каждом текущем году.)

### Итоговое распределение часов по темам и видам учебной работы

Название разделов и тем	Всего (час)	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля надлежащей успеваемости (ТКНУ) и достигнутого уровня знаний
		Аудиторные занятия (час)			Занятия в интерактивной форме (час)	Самостоятельная работа (час)	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Всего разделов 6 и тем 24	108	32	16	0	10	60	Посещаемость – Штраф за неуважительные пропуски; Уровень выполнения: РРТ №1-2; три контрольные работы; уровень ответа на вопросы зачета.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Раздел 1. Обзор содержания и оценивание курса

**Тема 1.1. Обзор курса «Вычислительная математика»:** Выдача студентам руководящего документа (1 стр. текста) «Обзор курса» – для повседневного использования.

**Тема 1.2. Система текущего контроля надлежащей успеваемости (ТКНУ) и финальное оценивание:** Информирование обучающихся о применяемой в этом курсе системе ТКНУ и о правиле учета результатов ТКНУ для финального оценивания достигнутого уровня знаний (ДУЗ) студента в период зачетной сессии.

### Раздел 2. Методы Гаусса и Гаусса-Жордана


**Тема 2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана:** Теоремы о единственности  $LU$ -разложения и теоремы об алгоритме этих разложений в одном массиве. Решение систем после разложения: прямой и обратный ход процедуры.

**Тема 2.2. Стратегии выбора ведущего элемента:** Три основные стратегии: по столбцу, по строке и активной подматрице. Практическая реализация этих стратегий без фактических перестановок в памяти компьютера.

**Тема 2.3. Погрешности численных методов:** Классификация погрешностей: методические, трансформированные и инструментальные. Распространение погрешностей. Прямой и обратный анализ погрешностей.

**Тема 2.4. Вычисление обратной матрицы:** Вычисление обратной матрицы через решение системы (первый способ). Вычисление обратной матрицы через  $LU$ -разложение



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

(второй способ – элиминативная форма обратной матрицы).

**Тема 2.5. Компактные схемы LU-разложения:** Доказательство алгоритма Краута (компактная схема «строка-столбец»). Строчно ориентированная схема.

**Тема 2.6. Плохо обусловленные матрицы:** Обусловленность матриц и обусловленность задач. Стандартное число обусловленности матрицы. Примеры задач с плохой обусловленностью матриц.

Этот раздел предусматривает выполнение студентом Контрольной работы №1. Все задания – индивидуальные.

### Раздел 3. Методы разложения Холецкого

**Тема 3.1. Положительно определенные матрицы:** Свойства положительно определенных матриц. Необходимые и достаточные условия положительной определенности матриц.

**Тема 3.2. Квадратные корни матриц и квадратичные формы:** Неединственность квадратного корня матрицы. Определение квадратической формы матрицы.

**Тема 3.3. Стандартные алгоритмы Холецкого:** Разновидности разложений Холецкого: с операцией квадратного корня и без этой операции. Вывод алгоритмов Холецкого (доказательство по методу квадратических форм).

**Тема 3.4. *ijk*-алгоритмы разложения Холецкого:** Разновидности векторно ориентированных алгоритмов. Алгоритмы с немедленными и с отложенными модификациями, строчно- и столбцово-ориентированные алгоритмы.

**Тема 3.5. Алгоритмы окаймления:** Алгоритмы окаймления известной или неизвестной части LU-разложения.

Этот раздел предусматривает выполнение студентом Контрольной работы №2. Все задания – индивидуальные.

### Раздел 4. Методы ортогональных преобразований

**Тема 4.1. Ортогональные матрицы и их приложения:** Определение ортогональных векторов и ортогональных матриц. Примеры ортогональных матриц и преимущества их использования в численных методах.

**Тема 4.2. Метод отражений Хаусхолдера:** Прямая и обратная задачи отражений в евклидовом пространстве. Задача триангуляризации матриц, численное решение систем уравнений и обращение матриц на основе метода Хаусхолдера.

**Тема 4.3. Метод вращений Гивенса:** Определение матриц вращения в евклидовом пространстве. Задача триангуляризации матриц, численное решение систем уравнений и обращение матриц на основе метода Гивенса.

**Тема 4.4. Методы Грама-Шмидта:** Метод ортогонализации системы векторов. Процедура Грама-Шмидта: обыкновенный и модифицированный алгоритмы.


Этот раздел предусматривает выполнение студентом Контрольной работы №3. Все задания – индивидуальные.

### Раздел 5. Метод наименьших квадратов

**Тема 5.1. Задача и метод наименьших квадратов (МНК):** Постановка задачи моделирования по методу наименьших квадратов. Формальное решение задачи в классе линейных систем. Нормальное псевдорешение.

**Тема 5.2. Метод нормальных уравнений:** Вывод нормальных уравнений на основе математического анализа и на основе геометрии. Алгоритмы одновременного решения нормальных уравнений.

**Тема 5.3. Методы последовательного решения задачи МНК:** Статистическая интерпретация метода наименьших квадратов. Включение априорной статистической информации в процесс решения задач метода НК. Включение предыдущего МНК-решения в ре-

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

ализацию метода НК.

Этот раздел предусматривает выполнение студентом самостоятельной проработки теоретического материала и написание Реферата в рабочей тетради (РРТ-1).

### Раздел 6. Заключение – Итерационные методы

**Тема 6.1. Классические методы Якоби и Зейделя:** Итерационная формула задачи отыскания корней уравнений. Формулирование методов Якоби и Зейделя. Скалярная и векторная формы записи этих методов.

**Тема 6.2. Каноническая форма одношаговых ИМ:** Классификация итерационных методов и представление их в единой форме стандартных одношаговых явных или неявных методов.

**Тема 6.3. Методы простой итерации, Ричардсона, Юнга:** Формулировки метода простой итерации, метода Ричардсона и метода Юнга (верхней релаксации).


**Тема 6.4. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений:** Классический метод Ньютона безусловной минимизации функций и связанный с ним метод решения нелинейных уравнений.

Этот раздел предусматривает выполнение студентом самостоятельной проработки теоретического материала и написание Реферата в рабочей тетради (РРТ-2).


## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия (семинары) предусматривают решение задач по тематике Разделов 1 – 6 и обсуждение найденных решений. *Сертификат о надлежащей успеваемости* (СНУ) студент зарабатывает удовлетворительным посещением семинарских занятий и выполнением учебной работы в те сроки, которые указаны в тематическом перечне семинарских занятий. В получении СНУ студенту может быть отказано, если им не удовлетворены следующие условия: (i) все части семинарских заданий студент выполнял на уровне принятых стандартов и представил для оценивания к заданному сроку, включая РРТ-1 и РРТ-2 (рефераты в рабочей тетради, как указано в разделе 8); (ii) студент проявил удовлетворительную посещаемость аудиторных занятий и удовлетворительное участие во всех разделах курса в следующем перечне тем по номерам семинарских занятий:

- Тема 1.2. Система текущего контроля надлежащей успеваемости (ТКНУ) и финальное оценивание.**  
**Тема 2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана – I.**
- Тема 2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана – II.**  
**Тема 2.2. Стратегии выбора ведущего элемента:** Три основные стратегии: по столбцу, по строке и активной подматрице. Практическая реализация этих стратегий без фактических перестановок в памяти компьютера.
- Тема 2.3. Погрешности численных методов:** Классификация погрешностей: методические, трансформированные и инструментальные. Распространение погрешностей. Прямой и обратный анализ погрешностей.  
**Тема 2.4. Вычисление обратной матрицы:** Вычисление обратной матрицы через решение системы (первый способ). Вычисление обратной матрицы через  $LU$ -разложение (второй способ – элиминативная форма обратной матрицы).
- Тема 2.5. Компактные схемы  $LU$ -разложения:** Доказательство алгоритма Краута (компактная схема «строка-столбец»). Строчно ориентированная схема.
- Тема 2.6. Плохо обусловленные матрицы:** Обусловленность матриц и обусловленность задач. Стандартное число обусловленности матрицы. Примеры задач с плохой обусловленностью матриц.  
**Тема 3.2. Квадратные корни матриц и квадратичные формы:** Неединственность квадратного корня матрицы. Определение квадратической формы матрицы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

6. **Тема 3.3. Стандартные алгоритмы Холесского:** Разновидности разложений Холесского: с операцией квадратного корня и без этой операции. Вывод алгоритмов Холесского (доказательство по методу квадратических форм).
- Тема 3.4. *ijk*-алгоритмы разложения Холесского:** Разновидности векторно ориентированных алгоритмов. Алгоритмы с немедленными и с отложенными модификациями, строчно- и столбцово-ориентированные алгоритмы.
7. **Тема 3.5. Алгоритмы окаймления:** Алгоритмы окаймления известной или неизвестной части  $LU$ -разложения.
- Тема 4.2. Метод отражений Хаусхолдера – I:** Прямая и обратная задачи отражений в евклидовом пространстве. Задача триангуляризации матриц, численное решение систем уравнений и обращение матриц на основе метода Хаусхолдера.
8. **Тема 4.2. Метод отражений Хаусхолдера – II:** Прямая и обратная задачи отражений в евклидовом пространстве. Задача триангуляризации матриц, численное решение систем уравнений и обращение матриц на основе метода Хаусхолдера.
9. **Тема 4.3. Метод вращений Гивенса:** Определение матриц вращения в евклидовом пространстве. Задача триангуляризации матриц, численное решение систем уравнений и обращения матриц на основе метода Гивенса.
10. **Тема 4.4. Методы Грама-Шмидта:** Метод ортогонализации системы векторов. Процедура Грама-Шмидта: обыкновенный и модифицированный алгоритмы.
- Тема 5.1. Метод нормальных уравнений – I:** Вывод нормальных уравнений на основе математического анализа и на основе геометрии. Алгоритмы одновременного решения нормальных уравнений.
11. **Тема 5.1. Метод нормальных уравнений – II:** Вывод нормальных уравнений на основе математического анализа и на основе геометрии. Алгоритмы одновременного решения нормальных уравнений.
- Тема 5.2. Метод нормальных уравнений – I:** Вывод нормальных уравнений на основе математического анализа и на основе геометрии. Алгоритмы одновременного решения нормальных уравнений.
12. **Тема 5.2. Метод нормальных уравнений – II:** Вывод нормальных уравнений на основе математического анализа и на основе геометрии. Алгоритмы одновременного решения нормальных уравнений.
- Тема 5.3. Методы последовательного решения задачи МНК – I:** Статистическая интерпретация метода наименьших квадратов. Включение априорной статистической информации в процесс решения задач метода НК. Включение предыдущего МНК-решения в реализацию метода НК.
13. **Тема 5.3. Методы последовательного решения задачи МНК – II:** Статистическая интерпретация метода наименьших квадратов. Включение априорной статистической информации в процесс решения задач метода НК. Включение предыдущего МНК-решения в реализацию метода НК.
- Тема 6.1. Классические методы Якоби и Зейделя – I:** Итерационная формула задачи отыскания корней уравнений. Формулирование методов Якоби и Зейделя. Скалярная и векторная формы записи этих методов.
14. **Тема 6.1. Классические методы Якоби и Зейделя – II:** Итерационная формула задачи отыскания корней уравнений. Формулирование методов Якоби и Зейделя. Скалярная и векторная формы записи этих методов.
- Тема 6.2. Каноническая форма одношаговых ИМ – I:** Классификация итерационных методов и представление их в единой форме стандартных одношаговых явных или неявных методов.
15. **Тема 6.2. Каноническая форма одношаговых ИМ – II:** Классификация итерационных методов и представление их в единой форме стандартных одношаговых явных

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

или неявных методов.

**Тема 6.3. Методы простой итерации, Рундсона, Юнга – I:** Формулировки метода простой итерации, метода Рундсона и метода Юнга (верхней релаксации).

16. **Тема 6.3. Методы простой итерации, Рундсона, Юнга – II:** Формулировки метода простой итерации, метода Рундсона и метода Юнга (верхней релаксации).

**Тема 6.4. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений:** Классический метод Ньютона безусловной минимизации функций и связанный с ним метод решения нелинейных уравнений.

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом данной дисциплины.

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

1. **Курсовые работы** не предусмотрены учебным планом данной дисциплины.
2. **Тематика контрольных работ:** Перечень из 48 вариантов заданий на три контрольные работы (по три задачи в каждом варианте) приведен в Фонде оценочных средств:

**Контрольная работа №1:** Стандартные алгоритмы  $LU$ -разложения: решение систем, отыскание определителя и вычисление обратной матрицы.

**Контрольная работа №2:** Разложения Холецкого положительно определенных матриц: решение систем и отыскание квадратической формы матрицы.

**Контрольная работа №3:** Ортогональные преобразования:  $QR$ -разложение матрицы (преобразованиями Хаусхолдера или Гивенса), решение систем и вычисление обратной матрицы.


**Правила выполнения контрольных работ:** Контрольные работы выполняются по индивидуальным заданиям. Переписывание (повторное выполнение) контрольных работ в течение семестра запрещено, но возможно на зачетной неделе.

Контрольные работы снабжены детальными методическими указаниями. Они доступны по ссылкам:

1. <https://yadi.sk/i/DV095qHdKekvZw> = И.В. Семушин. *Вычислительные методы алгебры и оценивания*. Учебное пособие // Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2011. – 366 с. ISBN 978-5-9795-0902-0. Также URL (Электронная библиотека УлГТУ): <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2013/119.pdf>.
2. <https://yadi.sk/i/913pEklxWdgmkg> = И.В. Семушин, Ю.В. Цыганова, В.В. Воронина, В.В. Угаров, А.И. Афанасова, И.Н. Куличенко. *Вычислительная линейная алгебра в проектах на C#*. Учебное пособие // Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2014. – 429 с. ISBN 978-5-9795-1342-3. Также URL (Электронная библиотека УлГТУ): <http://venec.ulstu.ru/lib/go.php?id=6090> или <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2015/5.pdf>.
3. <https://yadi.sk/i/jZhorpdJPhgsTg> = И.В. Семушин, Ю.В. Цыганова, А.И. Афанасова. *Методы вычислений с использованием MATLAB*. Учебно-методическое пособие // Ульяновск: Изд-во УлГУ, 2014. – 108 с.

### 3. Тематика реферативных работ:

- (1) **Метод наименьших квадратов:** 1. *Задача и метод наименьших квадратов (МНК):* Постановка задачи моделирования по методу наименьших квадратов. Формальное решение задачи линейных систем. Нормальное псевдорешение. 2. *Метод нормальных уравнений:* Вывод нормальных уравнений на основе математического анализа и

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		


на основе геометрии. Алгоритмы одновременного решения нормальных уравнений. 3. *Методы последовательного решения задачи МНК*: Статистическая интерпретация метода наименьших квадратов. Включение априорной статистической информации в процесс решения задач метода НК. Включение предыдущего МНК-решения в реализацию метода НК. (РРТ-1 = реферат №1 в рабочей тетради.)

- (2) **Итерационные методы:** 1. *Классические методы Якоби и Зейделя*: Итерационная формула задачи отыскания корней уравнений. Формулирование методов Якоби и Зейделя. Скалярная и векторная формы записи этих методов. 2. *Каноническая форма одношаговых ИМ*: Классификация итерационных методов и представление их в единой форме стандартных одношаговых явных или неявных методов. 3. *Методы простой итерации, Ричардсона, Юнга*: Формулировки метода простой итерации, метода Ричардсона и метода Юнга (верхней релаксации). 4. *Метод Ньютона решения нелинейных уравнений*: Классический метод Ньютона безусловной минимизации функций и связанный с ним метод решения нелинейных уравнений (РРТ-2 = реферат №2 в рабочей тетради.)

### 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ


1. Теорема о существовании и единственности  $\bar{L}U$  (вариант:  $L\bar{U}$ )-разложения. Связь разложения и метода Гаусса исключения неизвестных.
2. Теорема о существовании и единственности  $U\bar{L}$  (вариант:  $\bar{U}L$ )-разложения. Связь разложения и метода Гаусса исключения неизвестных.
3. Метод Гаусса: расчетные формулы и подсчет числа действий умножения/деления в процедуре факторизации матрицы.
4. Метод Гаусса: расчетные формулы и подсчет числа действий умножения/деления в процедурах прямой и обратной подстановки.
5. Элементарные треугольные матрицы. Алгоритм  $\bar{L}U$  (вариант:  $L\bar{U}$ )-разложения с замещением исходной матрицы матрицами  $U$  ( $\bar{U}$ ) и  $L$  ( $\bar{L}$ ).
6. Элементарные треугольные матрицы. Алгоритм  $U\bar{L}$  (вариант:  $\bar{U}L$ )-разложения с замещением исходной матрицы матрицами  $U$  ( $\bar{U}$ ) и  $L$  ( $\bar{L}$ ).
7. Метод Гаусса с выбором главного элемента: стратегии и программная реализация. Выбор ГЭ по строке и решение систем.
8. Метод Гаусса об  $\bar{L}U$  (вариант:  $L\bar{U}$ )-разложении с выбором главного элемента по столбцу активной подматрицы.
9. Метод Гаусса об  $L\bar{U}$  (вариант:  $L\bar{U}$ )-разложении с выбором главного элемента по строке активной подматрицы.
10. Вычисление определителя и обращение матрицы с учетом выбора главного элемента.
11. Метод Гаусса-Жордана: теорема об алгоритме об  $L\bar{U}$ -разложении -разложения с получением  $\bar{U}^{-1}$ .
12. Метод Гаусса-Жордана: теорема об алгоритме  $U\bar{L}$ -разложения с получением  $\bar{L}^{-1}$ .
13. Компактные схемы  $\bar{L}U$  (вариант:  $L\bar{U}$ )-разложения.
14. Компактные схемы: вариант  $U\bar{L}$  (вариант:  $\bar{U}L$ )-разложения.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

15. Алгоритмы  $\bar{L}U$  (вариант:  $L\bar{U}$ )-разложения с исключением по столбцам и по строкам.
16. Алгоритмы  $U\bar{L}$  (вариант:  $\bar{U}L$ )-разложения с исключением по столбцам и по строкам.
17.  $\bar{L}D\bar{L}^T$ -разложение положительно-определенных матриц: теоретическое обоснование алгоритма: вывод по методу квадратичных форм.
18.  $LL^T$ -разложение положительно-определенных матриц: теоретическое обоснование алгоритма: вывод по методу квадратичных форм.
19. Положительно-определенные матрицы, квадратные корни матриц и разложения Холесского.
20.  $LL^T$ -разложение положительно-определенных матриц: теоретическое обоснование алгоритма.
21.  $LL^T$ -разложение положительно-определенных матриц: вывод алгоритма по методу квадратичных форм.
22.  $\bar{L}D\bar{L}^T$ -разложение положительно-определенных матриц: теоретическое обоснование алгоритма.
23.  $\bar{L}D\bar{L}^T$ -разложение положительно-определенных матриц: вывод алгоритма по методу квадратичных форм.
24.  $UU^T$ -разложение положительно-определенных матриц: теоретическое обоснование алгоритма.
25.  $UU^T$ -разложение положительно-определенных матриц: вывод алгоритма по методу квадратичных форм.
26.  $\bar{U}D\bar{U}^T$ -разложение положительно-определенных матриц: теоретическое обоснование алгоритма.
27.  $\bar{U}D\bar{U}^T$ -разложение положительно-определенных матриц: вывод алгоритма по методу квадратичных форм.
28. Элементарные отражения Хаусхолдера: прямая и обратная задачи.
29. Ортогональные преобразования Хаусхолдера для верхней триангуляризации матрицы в задаче решения СЛАУ.
30. Ортогональные преобразования Гивенса для верхней триангуляризации матрицы в задаче решения СЛАУ.
31. Решение СЛАУ и обращение матрицы системы после верхней триангуляризации матрицы ортогональными преобразованиями Хаусхолдера.
32. Решение СЛАУ и обращение матрицы системы после верхней триангуляризации матрицы ортогональными преобразованиями Гивенса.
33. Процедура ортогонализации Грама-Шмидта: обыкновенный алгоритм.
34. Процедура ортогонализации Грама-Шмидта: модифицированный алгоритм.
35. Обыкновенный алгоритм ортогонализации Грама-Шмидта для верхней триангуляризации матрицы в задаче решения СЛАУ.
36. Модифицированный алгоритм ортогонализации Грама-Шмидта для верхней триангуляризации матрицы в задаче решения СЛАУ.
37. Решение СЛАУ и обращение матрицы системы после верхней триангуляризации матрицы обыкновенным алгоритмом Грама-Шмидта.
38. Решение СЛАУ и обращение матрицы системы после верхней триангуляризации матрицы модифицированным алгоритмом Грама-Шмидта.
39. Классификация итерационных методов решения СЛАУ.
40. Каноническая форма итерационных методов решения СЛАУ.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		


41. Разновидности итерационных методов решения СЛАУ как частные случаи канонической формы ИМ.
42. Итерационный метод Якоби решения СЛАУ.
43. Итерационный метод Зейделя решения СЛАУ.
44. Итерационный метод простой итерации решения СЛАУ.
45. Итерационный метод Рундсона решения СЛАУ.
46. Итерационный метод Юнга решения СЛАУ.
47. Итерационный метод Ньютона решения систем нелинейных уравнений.
48. Классический метод Ньютона безусловной минимизации функций.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Самостоятельную работу студенты осуществляют в форме домашнего выполнения заданий по трем основным темам, по которым они выполняют вышеуказанные контрольные работы 1, 2 и 3 (см. разд. 8), а также прорабатывают теоретический материал при подготовке к текущим и зачетному занятиям.

### Форма: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
1.1. Обзор курса вычислительной математики.	Проработка лекционного материала (лекция №1)	0,5	Опрос
1.2. Система ТКНУ и финальное оценивание.	Ознакомление с руководящим документом «Обзор курса» (1 стр. текста)	0,5	Опрос
2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана.	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1.	2	Зачет, проверка задач для КР №1.
2.2. Стратегии выбора ведущего элемента.	Проработка теоретического материала	2	Зачет
2.3. Погрешности численных методов.	Проработка теоретического материала	2	Зачет
2.4. Вычисление обратной матрицы.	Контроль работа №1. Домашнее задание к КР №1.	3	Зачет, проверка задач для КР №1.
2.5. Компактные схемы LU-разложения.	Проработка теоретического материала	2	Зачет
2.6. Плохо обусловленные матрицы.	Проработка теоретического материала	2	Зачет
3.1. Положительно определенные матрицы.	Проработка теоретического материала	2	Зачет
3.2. Квадратные корни матриц и квадратичные формы.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.	2	Зачет, проверка задач для КР №2.
3.3. Стандартные алгоритмы Холесского.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.	2	Зачет, проверка задач для КР №2.
3.4. <i>ijk</i> -алгоритмы разложения Холесского.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.	2	Зачет, проверка задач для КР №2.
3.5. Алгоритмы окаймления.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.	2	Зачет, проверка задач для КР №2.
4.1. Ортогональные матрицы и их приложения.	Проработка теоретического материала	2	Зачет

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

4.2. Метод отражений Хаусхолдера.	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.	2	Зачет, проверка задач для КР №3.
4.3. Метод вращений Гивенса.	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.	2	Зачет, проверка задач для КР №3.
4.4. Методы Грама-Шмидта.	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.	2	Зачет, проверка задач для КР №3.
5.1. Задача и метод наименьших квадратов (МНК).	Проработка теоретического материала	4	Зачет, проверка реферата №1 в рабочей тетради (РРТ-1)
5.2. Метод нормальных уравнений.	Проработка теоретического материала	4	Зачет, проверка реферата №1 в рабочей тетради (РРТ-1)
5.3. Методы последовательного решения задачи МНК.	Проработка теоретического материала	4	Зачет, проверка реферата №1 в рабочей тетради (РРТ-1)
6.1. Классические методы Якоби и Зейделя.	Проработка теоретического материала	4	Зачет, проверка реферата №2 в рабочей тетради (РРТ-2)
6.2. Каноническая форма одношаговых ИМ.	Проработка теоретического материала	4	Зачет, проверка реферата №2 в рабочей тетради (РРТ-2)
6.3. Методы простой итерации, Ричардсона, Юнга.	Проработка теоретического материала	4	Зачет, проверка реферата №2 в рабочей тетради (РРТ-2)
6.4. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений.	Проработка теоретического материала	4	Зачет, проверка реферата №2 в рабочей тетради (РРТ-2)

### Примечание 1:

Указанные выше (в разд. 6) условия получения Сертификата о надлежащей успеваемости (СНУ) в течение семестра от преподавателя могут быть выполнены, если и только если студент использует часы, выделенные в плане самостоятельной работы, для проработки теоретического материала, для подготовки к трем контрольным работам и для домашнего выполнения реферативных заданий (см. раздел 8) в установленный срок.

Одна лишь аудиторная работа не может обеспечить получение СНУ.

### Примечание 2:


Преподаватель фиксирует намерение отказать студенту в получении СНУ проставлением оценки «не аттестован» в журнале аттестации, что служит предупреждением студенту в середине семестра.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы:

#### основная

1. Семушин, Иннокентий Васильевич. Детерминистские модели динамических систем : учеб. пособие / Семушин Иннокентий Васильевич, Ю. В. Цыганова ; УлГУ. - Ульяновск : УлГУ, 2006.
2. Круглов, В. М. Случайные процессы в 2 ч. Часть 2. Основы стохастического анализа : учебник для академического бакалавриата / В. М. Круглов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 280 с. — (Авторский учебник). —

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

ISBN 978-5-534-02086-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434664>

#### дополнительная

1. Семушин И. В. Стохастические модели и оценки : лаборат. практикум по курсу "Теория оптимального управления" / И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова. - Ульяновск : УлГУ, 2001. - Режим доступа: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/990/4\\_Semushin\\_smo.pdf](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/990/4_Semushin_smo.pdf)
2. Кожевникова, И. А. Стохастическое моделирование процессов : учебное пособие для вузов / И. А. Кожевникова, И. Г. Журбенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 148 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-09989-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/439020>
3. Соколов С.В., Методы идентификации нечетких и стохастических систем / С.В. Соколов, С.М. Ковалев, П.А. Кучеренко, Ю.А. Смирнов - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 572 с. - ISBN 978-5-9221-1768-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922117685.html>
4. Соколов С.В., Методы идентификации нечетких и стохастических систем / С.В. Соколов, С.М. Ковалев, П.А. Кучеренко, Ю.А. Смирнов - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 572 с. - ISBN 978-5-9221-1768-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922117685.html>
5. Семушин, Иннокентий Васильевич. Стохастические модели, оценки и управление : раздел: Детерминистские модели динамических систем: метод. пособие / Семушин Иннокентий Васильевич, Ю. В. Цыганова ; УлГУ. - Ульяновск : УлГУ, 2007.

#### учебно-методическая

1. Семушин И. В. Методические рекомендации для семинарских (практических) занятий, лабораторного практикума и самостоятельной работы по дисциплинам «Численные методы», «Методы вычислений» и «Вычислительная математика» для студентов направлений 09.03.03 «Прикладная информатика», 02.03.03 - «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» / И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова; УлГУ, ФМИИ и АТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,09 МБ). - Текст : электронный. <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/9072>

Согласовано:

*Г.А. Суб-ро*      *Полина И.О*      *Т.И. Шу*      *05.06.20*  
Должность сотрудника научной библиотеки      ФИО      подпись      дата

#### б) Программное обеспечение

- ОС Альт Рабочая станция;
- МойОфис Стандартный.


#### в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

##### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2020]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2020]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Поли-

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

техресурс. – Москва, [2020]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2020]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2020]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2020]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. – Москва, [2020]. – URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2020].

### **3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. – Москва, [2020]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2020]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2020]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Национальная электронная библиотека** : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2020]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. SMART Imagebase** // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebSCO.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

### **6. Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/>. – Текст : электронный.

6.2. **Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

### **7. Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотека УлГУ : модуль АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.


Согласовано:

Зам.нач. УИТиТ  
должность сотрудника УИТиТ

Клочкова А.В.  
ФИО

  
подпись

дата

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций (лекционные аудитории 1,2,3 корпуса УлГУ), семинарских занятий (лекционные аудитории 1,2,3 корпуса УлГУ), для выполнения лабораторных работ и практикумов (дисплейные классы 1,3 корпуса УлГУ), для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (лекционные аудитории 3 корпуса УлГУ).


Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащенности образовательного процесса, размещенными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающимся) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических возможностей:

- для лиц с нарушением зрения: в форме электронного документа, индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика, индивидуальные задания и консультация;
- для лиц с нарушением слуха: в форме электронного документа, индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика, индивидуальные задания и консультация;
- для лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата: в форме электронного документа, индивидуальные задания и консультация.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик  / Семущин Иннокентий Васильевич /  
подпись / ФИО