

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

УТВЕРЖДЕНО

решением Учёного совета факультета математики,
информационных и авиационных технологий

от «17» мая 2022 г., протокол № 4/22

Председатель _____ / М.А. Волков
«17» мая 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Численные методы
Факультет	Математики, информационных и авиационных технологий (ФМИАТ)
Кафедра	Телекоммуникационные технологии и сети (ТТС)
Курс	2, 3

Направление: 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
код направления (специальности), полное наименование

Профиль: «Разработка информационных систем»
полное наименование

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

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «1» сентября 2022 г.

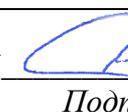
РПД актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 08.09.2023 г.

РПД актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 12.09.2024 г.

РПД актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Цыганова Юлия Владимировна	Информационные технологии	профессор, д.физ.-мат.наук, доцент

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой информационных технологий, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой телекоммуникационных технологий и сетей
/  / Волков М.А. / (подпись) (Ф.И.О.) «17» мая 2022 г.	( / Смагин А.А. / Подпись ФИО «17» мая 2022 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 и Ньютона.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина ЧМ запланирована как обязательная дисциплина базового цикла Б1 (Б1.О.24) образовательной программы. Она читается в 4-м и 6-м семестрах студентам направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии» очной и заочной форм обучения, соответственно.

Данная дисциплина базируется на входных знаниях, умениях, навыках и компетенциях студента, полученных им при изучении предшествующих учебных дисциплин, указанных в Приложении к данной рабочей программе (в фондах оценочных средств – далее ФОС, пункт 1).

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении последующих дисциплин (указаны в ФОС, пункт 1), а также для прохождения всех видов практик и 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 (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<p>УК-9 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности</p>	<ul style="list-style-type: none"> • знать: методы повышения точности решения численными методами; • уметь: применять методы выбора главного элемента при решении задач вычислительной линейной алгебры; • владеть: навыками применения итерационных вычислительных схем при решении задач численным методом.
<p>ОПК-5 Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • знать: специализированные программные средства для практической реализации численных методов; • уметь: решать и реализовывать в виде программного кода задачи вычислительной линейной алгебры, метод наименьших квадратов, проблемы собственных значений матриц; • владеть: методами анализа структуры погрешностей, сопровождающих решение вычислительных задач, свойств корректности и обусловленности задач и методов вычислений, сравнительных характеристик прямых и итерационных методов решения линейных систем уравнений и классических методов решения нелинейных уравнений.
<p>ПК-3 Способен использовать математические методы обработки, анализа и синтеза результатов исследований</p>	<ul style="list-style-type: none"> • знать: содержание основных задач численных методов и типовых алгоритмов их решения; • уметь: применять положения математической теории численных методов для решения задач профессиональной деятельности; • владеть: навыками применения численных методов и компьютеров к проблемам реального мира и решения с их помощью практических задач обработки данных.

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

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Формы обучения – очная (дневная) и заочная.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 ЗЕТ.

Дисциплина реализуется в 4 семестре для очной формы обучения и в 6-м семестре для заочной; в конце семестра предусмотрена **промежуточная аттестация** в форме **зачета**.

Текущий контроль успеваемости реализуется посредством трех контрольных работ в классе (их содержательная тематика приведена в Фонде оценочных средств в качестве приложения к этой рабочей программе).

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

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы:

Форма: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		4
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	48/48*	48/48*
Аудиторные занятия:	48/48*	48/48*
Лекции	16/16*	16/16*
Семинары и практические занятия	16/16*	16/16*
Лабораторные работы, практикумы	16/16*	16/16*
Самостоятельная работа	60	60
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контрольная работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Контрольные работы, коллоквиум	Контрольные работы, коллоквиум
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачет	зачет
Всего часов по дисциплине	108	108

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

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

Форма: заочная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения заочная)	
	Всего по плану	В т.ч. по сессиям
		6
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	8/8*	8/8*
Аудиторные занятия:	8/8*	8/8*
Лекции	4/4*	4/4*
Семинары и практические занятия	2/2*	2/2*
Лабораторные работы, практикумы	2/2*	2/2*
Самостоятельная работа	96	96
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Контрольные работы, коллоквиум	Контрольные работы, коллоквиум
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачет	зачет (4)
Всего часов по дисциплине	108	108

**В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися при проведении 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
Раздел 1. Обзор содержания и оценивание курса							
1.1. Обзор курса	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Опрос

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

численных методов.							
1.2. Система ТКНУ и финальное оценивание.	1,5	0,5	0,5	0,5	0	0	Опрос
Раздел 2. Методы Гаусса и Гаусса-Жордана							
2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана.	9	1	1	1	0	6	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1
2.2. Стратегии выбора ведущего элемента.	7	1	1	1	0	4	Решение задач в рабочей тетради
2.3. Погрешности численных методов.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Решение задач в рабочей тетради
2.4. Вычисление обратной матрицы.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1
2.5. Компактные схемы LU -разложения.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Решение задач в рабочей тетради
2.6. Плохо обусловленные матрицы.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Решение задач в рабочей тетради
Раздел 3. Методы разложения Холецкого							
3.1. Положительно-определенные матрицы.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Решение задач в рабочей тетради
3.2. Квадратные корни матриц и квадратичные формы.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.3. Стандартные алгоритмы Холецкого.	7	1	1	1	0	4	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.4. ijk -алгоритмы разложения Холецкого.	7	1	1	1	0	4	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.5. Алгоритмы окаймления.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
Раздел 4. Методы ортогональных преобразований							
4.1. Ортогональные матрицы и их приложения.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Проработка теоретического материала

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

4.2. Метод отражений Хаусхолдера.	7	1	1	1	0	4	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.
4.3. Метод вращений Гивенса.	7	1	1	1	0	4	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.
4.4. Методы Грама-Шмидта.	5	1	1	1	0	2	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.
Раздел 5. Метод наименьших квадратов							
5.1. Задача и метод наименьших квадратов (МНК).	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Решение задач в рабочей тетради
5.2. Метод нормальных уравнений.	5,5	1	1	1	0	2	Решение задач в рабочей тетради
5.3. Методы последовательного решения задачи МНК.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Решение задач в рабочей тетради
Раздел 6. Заключение – итерационные методы							
6.1. Классические методы Якоби и Зейделя.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Проработка теоретического материала
6.2. Каноническая форма одношаговых ИМ.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Проработка теоретического материала
6.3. Метод простой итерации.	3,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Проработка теоретического материала
6.4. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений.	2,5	0,5	0,5	0,5	0	2	Проработка теоретического материала.
Зачет	108	16	16	16	0	60	ТКНУ= Посещаемость + (КР №1-2-3) + (РРТ-1 + РРТ-2) + Ответ на вопросы зачета..

Правило выставления оценки за курс: Итоговый балл $FG = 0,05 \cdot A + 0,30 \cdot H/2 + 0,65 \cdot E/4$.

Посещаемость $A = 100 - P$, где P = штраф за N неуважительных пропусков: $P = 0$ при $N = 0$; $P = 10$ 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: $H = РРТ-1 + РРТ-2$, где $РРТ-i$ – процент выполнения i -го РРТ.

Экзамен: $E = (Вкр-1) + (Вкр-2) + (Вкр-3) + (Вуоз)$, где $(Вкр-i)$ – процент выполнения i -й КР,

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

(Выоз) – уровень ответа на вопросы зачета во время зачетной сессии (Выоз).
 Отображение **FG** на стандартную шкалу экзаменационных оценок: **FG** = {56 : 100} => «зачтено»; **FG** = {0 : 55} => «незачтено». (Шаг по 15 баллов на каждую из трех положительных оценок: **FG** = {86 : 100} => «отлично»; **FG** = {71 : 85} => «хорошо»; **FG** = {56 : 70} => «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	16	16	16	0	60	<i>Посещаемость – Штраф за неуважительные пропуски; Уровень выполнения: РРТ №1-2; три контрольные работы; уровень ответа на вопросы зачета.</i>

Форма: заочная

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
Раздел 1. Обзор содержания и оценивание курса							
1.1. Обзор курса численных методов.	4,25	0,25	0	0	0	4	Опрос
1.2. Система ТКНУ и финальное оценивание.	4,25	0,25	0	0	0	4	Опрос
Раздел 2. Методы Гаусса и Гаусса-Жордана							
2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана.	5,5	0,5	0,5	0,5	0	4	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1
2.2. Стратегии	4,25	0,25	0	0	0	4	Решение задач

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

выбора ведущего элемента.							в рабочей тетради
2.3. Погрешности численных методов.	4	0	0	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
2.4. Вычисление обратной матрицы.	5,5	0,5	0,5	0,5	0	4	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1
2.5. Компактные схемы LU-разложения.	4	0	0	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
2.6. Плохо обусловленные матрицы.	4	0	0	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
Раздел 3. Методы разложения Холецкого							
3.1. Положительно-определенные матрицы.	4,25	0,25	0	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
3.2. Квадратные корни матриц и квадратичные формы.	4	0	0	0	0	4	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.3. Стандартные алгоритмы Холецкого.	5,5	0,5	0,5	0,5	0	4	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.4. <i>ijk</i> -алгоритмы разложения Холецкого.	4	0	0	0	0	4	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
3.5. Алгоритмы окаймления.	4	0	0	0	0	4	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.
Раздел 4. Методы ортогональных преобразований							
4.1. Ортогональные матрицы и их приложения.	4,5	0,5	0	0	0	4	Проработка теоретического материала
4.2. Метод отражений Хаусхолдера.	5,25	0,25	0,5	0,5	0	4	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.
4.3. Метод вращений Гивенса.	4,25	0,25	0	0	0	4	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.
4.4. Методы Грама-Шмидта.	4	0	0	0	0	4	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.
Раздел 5. Метод наименьших квадратов							
5.1. Задача и метод наименьших квадратов (МНК).	4,5	0,5	0	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
5.2. Метод нормальных уравнений.	4	0	0	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
5.3. Методы последовательного решения задачи МНК.	4	0	0	0	0	4	Решение задач в рабочей тетради
Раздел 6. Заключение – итерационные методы							
6.1. Классические методы Якоби и Зейделя.	4	0	0	0	0	4	Проработка теоретического материала
6.2. Каноническая форма одношаговых ИМ.	4	0	0	0	0	4	Проработка теоретического материала
6.3. Метод простой итерации.	4	0	0	0	0	4	Проработка теоретического материала
6.4. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений.	4	0	0	0	0	4	Проработка теоретического материала.
Зачет	108	4	2	2	0	96	ТКНУ= Посещаемость + (КР №1-2-3) + (РРТ-1 + РРТ-2) + Ответ на вопросы зачета..

Правило выставления оценки за курс: Итоговый балл $FG = 0,05 \cdot A + 0,30 \cdot H/2 + 0,65 \cdot E/4$.

Посещаемость $A = 100 - P$, где P = штраф за N неуважительных пропусков: $P = 0$ при $N = 0$; $P = 10$ при $N = 1$; $P = 50 + 50 \cdot (N - 2)$ при $2 \leq N \leq 7$; $P = 300 + 200 \cdot (N - 7)$, при $7 < N$.

Выполнение заданий по РРТ-1,2: $H = PPT-1 + PPT-2$, где $PPT-i$ – процент выполнения i -го РРТ.

Экзамен: $E = (Вкр-1) + (Вкр-2) + (Вкр-3) + (Вуоз)$, где $(Вкр-i)$ – процент выполнения i -й КР, $(Вуоз)$ – уровень ответа на вопросы зачета во время зачетной сессии $(Вуоз)$.

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 успе-
		Аудиторные занятия (час)			Занятия в интер-актив-	Самостоя-	
		Лекции	Практические	Лабораторные			

			занятия, семина- ры	работы, практи- кумы	ной форме (час)	тельная работа (час)	ваемости (ТКНУ) и до- стигнутого уровня знаний
1	2	3	4	5	6	7	8
Всего разделов 6 и тем 24	108	4	2	2	0	96	Посещаемость – Штраф за не- уважительные пропуски; Уро- вень выполнения: РРТ №1-2; три контрольные работы; уровень ответа на во- просы 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. (1/0/0)

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 (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 (в классе). 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.

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

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 (в классе). 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 (в классе). 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 реализацию 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. Метод простой итерации: Формулировки метода простой итерации.

Тема 6.4. Метод Ньютона решения нелинейных уравнений: Классический метод Нью-

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

тона 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 классе 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:

1. **Тема 1.2. Система текущего контроля надлежащей успеваемости (ТКНУ) и финальное оценивание.**
Тема 2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана – I.
2. **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.
3. **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).
4. **Тема 2.5. Компактные схемы LU -разложения:** Доказательство алгоритма Краута (компактная схема «строка-столбец»). Строчно ориентированная схема.
5. **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 квадратичной формы матрицы.
6. **Тема 3.3. Стандартные алгоритмы Холесского:** Разновидности разложений Холесского: с операцией квадратного корня и без этой операции. Вывод алгоритмов Холесского (доказательство по методу квадратичных 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 ре-

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

- шение 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 или неявных методов.
 16. **Тема 6.3. Методы простой итерации:** Формулировки метода простой итерации.
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 снабжены детальными методическими указаниями (см. п. 11 РПД).

Особенность: Проект, ввиду его объемности, студент разрабатывает дома, а сдает преподавателю по частям в дисплейном классе по расписанию занятий. Это – одна из интерактивных форм занятий. На первом занятии студент определяет индиви-

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

дуальное задание на лабораторный проект из предлагаемых **Вариантов** (см. ниже), согласует задание у преподавателя, составляет план-график работы и создает структуру проекта для его выполнения «сверху-вниз». Элементы этой структуры он детализирует (программирует) в режиме индивидуальной (домашней) работы, чтобы на последующих занятиях поэтапно защищать свои результаты. Когда он считает, что готов сдать проект окончательно, он его защищает, подвергая его не только критике преподавателя, но и возможной дискуссии разработчиков аналогичных проектов.

Эта *проектно-ориентированная методика* соединяет шесть преимуществ и обеспечивает их практическую, эффективную реализацию:

1. *Целенаправленность*. Задание на проект (работу) настраивает студента на достижение одной цели, которую он сам способен понять и сформулировать.
2. *Подлинность*. Задание соответствует реальности, то есть формулирует задачи, соответствующие задачам действительности.
3. *Вызов*. Задание предусматривает возрастающие уровни сложности, бросающие студенту вызов с тем, чтобы актуализировать (приводить в действие) все возможности личности, ее творческий потенциал и состязательный инстинкт.
4. *Разнообразие*. Набор заданий создает возможность свободного выбора несоответствующих тем и предусматривать различные сценарии выполнения для поддержания интереса.
5. *Поощрение*. Оценивание достигнутого студентом уровня, который количественно измерим, изначально понятно студенту. Оно работает все более эффективно по мере улучшения приобретаемых студентом навыков в контексте нарастающей успешности выполнения задания (распределенное градуированное поощрение).
6. *Навигация*. Студент имеет возможность самостоятельно осуществлять навигацию по любым сценариям выполнения проекта (контролируемая студентом навигация) для получения желаемой оценки и – в конечном итоге – для достижения своих индивидуальных образовательных целей.

Главная отличительная особенность этого курса и его лабораторного практикума выражается в следующем диалоге, который иногда возникает между Студентом и Экзаменатором (автором данных пособий):

- **Студент:** Я хорошо знаю этот численный метод и хочу получить более высокую оценку.
- **Экзаменатор:** Если вы хорошо знаете этот метод, то покажите, что вам не составляет труда научить этому методу компьютер.

Темы лабораторных работ (три проекта)
Лабораторная работа (проект) №1. <i>Стандартные алгоритмы LU-разложения</i> (раздел 2 курса)
Лабораторная работа (проект) №2. <i>Разложения Холецкого</i> (раздел 3 курса)
Лабораторная работа (проект) №3. <i>Ортогональные преобразования</i> (раздел 4 курса)

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

Варианты задания на лабораторный проект №1:

1. $L\bar{U}$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по столбцу.
2. $L\bar{U}$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по строке.
3. $L\bar{U}$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по активной подматрице.
4. $\bar{L}U$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по столбцу.
5. $\bar{L}U$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по строке.
6. $\bar{L}U$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по активной подматрице.
7. $L\bar{U}$ -разложение на основе гауссова исключения по строкам с выбором главного элемента по строке.
8. $L\bar{U}$ -разложение по компактной схеме Краута с выбором главного элемента по столбцу.
9. $\bar{L}U$ -разложение по компактной схеме Краута с выбором главного элемента по строке.
10. $L\bar{U}$ -разложение по компактной схеме «строка за строкой» с выбором главного элемента по строке.
11. $L\bar{U}^{-1}$ -разложение $A = L\bar{U}$ на основе жорданова исключения с выбором главного элемента по столбцу.
12. $L\bar{U}^{-1}$ -разложение $A = L\bar{U}$ на основе жорданова исключения с выбором главного элемента по строке.
13. $L\bar{U}^{-1}$ -разложение $A = L\bar{U}$ на основе жорданова исключения с выбором главного элемента по активной подматрице.
14. $\bar{U}L$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по столбцу.
15. $\bar{U}L$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по строке.
16. $\bar{U}L$ -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по активной подматрице.

17. UL -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по столбцу.
18. UL -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по строке.
19. UL -разложение на основе гауссова исключения по столбцам с выбором главного элемента по активной подматрице.
20. UL -разложение на основе гауссова исключения по строкам с выбором главного элемента по строке.
21. UL -разложение по компактной схеме Краута с выбором главного элемента по столбцу.
22. UL -разложение по компактной схеме Краута с выбором главного элемента по строке.
23. UL -разложение по компактной схеме «строка за строкой» с выбором главного элемента по строке.
24. $L^{-1}U$ -разложение $A = LU$ на основе жорданова исключения с выбором главного элемента по столбцу.
25. $L^{-1}U$ -разложение $A = LU$ на основе жорданова исключения с выбором главного элемента по строке.
26. $L^{-1}U$ -разложение $A = LU$ на основе жорданова исключения с выбором главного элемента по активной подматрице.

Варианты задания на лабораторный проект №2:

Вид разложения	ijk -формы						Окаймление			
	kij	kji	jki	jik	ikj	ijk	известной части		неизвестной части	
							a	b	c	b
$P = \bar{L}D\bar{L}^T$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P = LL^T$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$P = \bar{U}D\bar{U}^T$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$P = UU^T$	31	32	33	34	35	36	37	36	39	40

- a — строчный алгоритм;
b — алгоритм скалярных произведений;
c — алгоритм линейных комбинаций.

Варианты задания на лабораторный проект №3:

Вариант заполнения матрицы R	Отражения Хаусхолдера		Вращения Гивенса		Ортогонализация Грама–Шмидта		
	a	b	a	b	c	d	e
 $\triangleq R_{oe}$	1	2	3	4	5	6	7
 $\triangleq R_{ow}$	8	9	10	11	12	13	14
 $\triangleq R_{se}$	15	16	17	18	19	20	21
 $\triangleq R_{sw}$	22	23	24	25	26	27	28

- a — столбцово-ориентированный алгоритм;
b — строчно-ориентированный алгоритм;
c — классическая схема;
d — модифицированная схема;
e — модифицированная схема с выбором ведущего вектора.

Если нет других указаний преподавателя, студент находит свой вариант по своему номеру в журнале студенческой группы.

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 в классе. Переписывание (повторное выполнение) контрольных работ в течение семестра запрещено, но возможно на зачетной неделе.

Контрольные работы снабжены детальными методическими указаниями (см. п. 11 РПД).

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 в классе линей-

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

ных систем. Нормальное псевдорешение. 2. *Метод нормальных уравнений*: Вывод нормальных уравнений на основе математического анализа и 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. *Метод простой итерации*: Формулировки метода простой итерации. 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 $\bar{L}U$ (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.

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

14. Компактные схемы: вариант $U\bar{L}$ (вариант: $\bar{U}L$)-разложения.
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.

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

40. Каноническая форма итерационных методов решения СЛАУ.
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 Ньютона решения систем нелинейных уравнений.
46. 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)	2	Опрос
1.2. Система ТКНУ и финальное оценивание.	Ознакомление с руководящим документом «Обзор курса» (1 стр. текста)	2	Опрос
2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана.	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1.	6	Зачет, проверка задач для КР №1.
2.2. Стратегии выбора ведущего элемента.	Проработка теоретического материала	4	Зачет
2.3. Погрешности численных методов.	Проработка теоретического материала	2	Зачет
2.4. Вычисление обратной матрицы.	Контроль работа №1. Домашнее задание к КР №1. Лабораторный проект № 1.	2	Зачет, проверка задач для КР №1, сдача лабораторного проекта № 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.	4	Зачет, проверка задач для КР №2.
3.4. <i>ijk</i> -алгоритмы разложения Холесского.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2. Лабораторный проект № 2.	4	Зачет, проверка задач для КР №2, сдача лабораторного

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

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

Форма: заочная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
1.1. Обзор курса численных методов.	Проработка материала (литература [1])	4	Опрос
1.2. Система ТКНУ и финальное оценивание.	Ознакомление с руководящим документом «Обзор курса» (1 стр. текста)	4	Опрос
2.1. Алгоритмы методов Гаусса и Гаусса-Жордана.	Контрольная работа №1. Домашнее задание к КР №1.	4	Зачет, проверка задач для КР №1.
2.2. Стратегии выбора ведущего элемента.	Проработка теоретического материала	4	Зачет
2.3. Погрешности численных методов.	Проработка теоретического материала	4	Зачет

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

2.4. Вычисление обратной матрицы.	Контроль работа №1. Домашнее задание к КР №1. Лабораторный проект № 1.	4	Зачет, проверка задач для КР №1, сдача лабораторного проекта № 1.
2.5. Компактные схемы LU-разложения.	Проработка теоретического материала	4	Зачет
2.6. Плохо обусловленные матрицы.	Проработка теоретического материала	4	Зачет
3.1. Положительно определенные матрицы.	Проработка теоретического материала	4	Зачет
3.2. Квадратные корни матриц и квадратичные формы.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.	4	Зачет, проверка задач для КР №2.
3.3. Стандартные алгоритмы Холесского.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.	4	Зачет, проверка задач для КР №2.
3.4. <i>ijk</i> -алгоритмы разложения Холесского.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2. Лабораторный проект № 2.	4	Зачет, проверка задач для КР №2, сдача лабораторного проекта № 2.
3.5. Алгоритмы окаймления.	Контрольная работа №2. Домашнее задание к КР №2.	4	Зачет.
4.1. Ортогональные матрицы и их приложения.	Проработка теоретического материала	4	Зачет
4.2. Метод отражений Хаусхолдера.	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.	4	Зачет, проверка задач для КР №3.
4.3. Метод вращений Гивенса.	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3.	4	Зачет.
4.4. Методы Грама-Шмидта.	Контрольная работа №3. Домашнее задание к КР №3. Лабораторный проект № 3.	4	Зачет, проверка задач для КР №3, сдача лабораторного проекта № 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 ре-	Проработка теоретического	4	Зачет, проверка ре-

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

шения нелинейных уравнений.	материала		ферата №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. Вержбицкий Валентин Михайлович. Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. пособие / Вержбицкий Валентин Михайлович. - Москва : Высшая школа, 2001. - 382 с.
2. Численные методы : учебник и практикум для академического бакалавриата / У. Г. Пирумов [и др.] ; под редакцией У. Г. Пирумова. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 421 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03141-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/431961>
3. Орешкова М.Н., Численные методы / Орешкова М.Н. - Архангельск : ИД САФУ, 2015. - 120 с. - ISBN 978-5-261-01040-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261010401.html>

Дополнительная

1. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 356 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02714-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/431899>
2. Гильмутдинов Р.Ф., Численные методы : учебное пособие / Гильмутдинов Р.Ф. - Казань : Издательство КНИТУ, 2018. - 92 с. - ISBN 978-5-7882-2427-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788224275.html>
3. Кондаков, Н. С. Основы численных методов : практикум / Н. С. Кондаков. — М. : Московский гуманитарный университет, 2014. — 92 с. — ISBN 978-5-98079-981-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/39690.html>
4. Бурмистрова В. Г. Численные методы: задачи и их решения : учеб.-метод. пособие для вузов / В. Г. Бурмистрова, С. А. Хрусталева. - Ульяновск : УлГУ, 2009. - Загл. с экрана; Имеется печ. аналог. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 574 Кб). - Текст : электронный.- <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/220>

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

5. Семушин И. В. Методы вычислений с использованием МАТЛАБ : учеб.-метод. пособие / И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова, А. И. Афанасова; УлГУ, ФМиИТ. - Ульяновск : УлГУ, 2014. - Загл. с экрана; Имеется печ. аналог. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,86 Мб). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/241>.

учебно-методическая

1. Семушин И. В. Методические рекомендации для семинарских (практических) занятий, лабораторного практикума и самостоятельной работы по дисциплинам «Численные методы» и «Вычислительная математика» для студентов направлений 09.03.02 «Информационные системы и технологии», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова; УлГУ, ФМиИАТ. - 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,01 МБ). — URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8963>

Согласовано:

Ведущий специалист НБ УлГУ Терехина Л.А. / _____ / _____ 2022
 Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

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

б) Программное обеспечение

Для образовательного процесса по данной дисциплине необходим стационарный класс ПК с установленным следующим программным обеспечением:

- операционная среда ОС Windows/Linux;
- системы программирования на языках Си/C++ (Code::Blocks).
- система программирования Scilab.

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2022]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2022]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2022]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2022]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102> . – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. База данных «Русский как иностранный» : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2022]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2022].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий EastView : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2022]. – 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, [2022]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для ав-

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

ториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД Гребенников. – Москва, [2022]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. **Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2022]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. **SMART Imagebase** : научно-информационная база данных EBSCO // 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 . – URL: <http://window.edu.ru/> . – Текст : электронный.

6.2. **Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

7. Образовательные ресурсы УлГУ:

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

Согласовано:

Зам. нач. УИТ | Кириллов В.В. | _____ | _____
 должность сотрудника УИТ | ФИО | подпись | дата

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 предоставления 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 оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

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

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  профессор каф. ИТ /Цыганова Ю.В./
подпись должность ФИО

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Содержание изменения или ссылка на прилагаемый текст изменения	ФИО заведующего кафедрой, реализующей дисциплину/вы- пускающей кафедрой	Подпись	Дата
1	Внесение изменений в п.п. в) Профессиональные базы данных, информационно- справочные системы п. 11 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» в пункт в) (см. ниже)	Смагин А.А.		08.09.2023
2	Внесение изменений в п.п. в) Профессиональные базы данных, информационно- справочные системы п. 11 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» в пункт в) (см. ниже)	Смагин А.А.		12.09.2024

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - 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, [2023].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

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

Согласовано:

Иванов И.И.
Должность сотрудника УИТИТ

Бурдин А.А.
Д/ИО

[Подпись]
подпись

[Дата]
дата

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

- 1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт /ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.
- 1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.
- 1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. –Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
- 1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - 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, [2024].
3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный
4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.
5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.
6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/>

Согласовано:

Нечальникова О.А. | Тихонова Н.А. | [Подпись] | 21.05.2024
Должность сотрудника | ФИО | подпись | дата