

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФВТ
Л.Р. Фионова
« 03 » *мая* 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.1.24 Вычислительная линейная алгебра

Направление подготовки — 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль подготовки) — Компьютерные технологии

Квалификация выпускника — бакалавр

Форма обучения — очная

Пенза, 2019

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Вычислительная линейная алгебра" являются приобретение обучающимися знаний и умений по вычислительной линейной алгебре.

Формируемые дисциплиной "Вычислительная линейная алгебра" знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих трудовых функций:

– Анализ требований к программному обеспечению (ПС 06.001 "Программист", Приказ Минтруда России от 18.11.2013 № 679н, ТФ D/01.6);

– Проектирование программного обеспечения (ПС 06.001 "Программист", Приказ Минтруда России от 18.11.2013 № 679н, ТФ D/03.6);

– Оценка архитектуры с точки зрения прослеживаемости требований: согласованность с системными требованиями; приспособленность стандартов и методов проектирования; осуществимость функционирования и сопровождения; осуществимость программных составных частей, полностью удовлетворяющих назначенным требованиям (ПС 06.003 "Архитектор программного обеспечения", Приказ Минтруда России от 11.04.2014 № 228н, ТФ D/03.5);

– Разработка концепции системы (ПС 06.022 "Системный аналитик", Приказ Минтруда России от 28.10.2014 № 809н, ТФ C/05.6);

– Организация оценки соответствия требованиям существующих систем и их аналогов (ПС 06.022 "Системный аналитик", Приказ Минтруда России от 28.10.2014 № 809н, ТФ C/07.6).

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина относится к обязательной части Блока1 "Дисциплины" ОПОП по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Дисциплина "Вычислительная линейная алгебра" опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: "Математический анализ", "Линейная алгебра и аналитическая геометрия", "Избранные вопросы дифференциального и интегрального исчисления", "Информационные технологии в профессиональной деятельности", "Алгоритмы и алгоритмические языки", "Языки и методы программирования".

Освоение данной дисциплины является основой для последующего изучения дисциплин: "Численный анализ математических моделей", "Нейронные сети", "Интеллектуальный анализ данных", "Основы численной оптимизации", "Численные методы математической физики".

3. Результаты освоения дисциплины "Вычислительная линейная алгебра"

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК – 1.4. Применяет базовые методы математических и естественных наук для постановки и решения задач профессиональной деятельности в области искусственного интеллекта и науке о данных	Знать: основные численные методы алгебры. Уметь: выбирать численные методы, адекватные решаемым задачам. Владеть: базовыми методами вычислительной линейной алгебры.

ОПК-2	Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения задач	ОПК – 2.4. Разрабатывает и реализует алгоритмы решения задач искусственного интеллекта с помощью современных математических методов и систем программирования	Знать: базовые алгоритмы основных численных методов линейной алгебры, используемых в системах искусственного интеллекта. Уметь: разрабатывать алгоритмы численных методов решения задач.
ОПК-3	Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК – 3.4. Использует и при необходимости модифицирует существующие модели для решения задач в области обработки данных и искусственного интеллекта	Знать: базовые алгоритмы вычислительной линейной алгебры, используемые в области обработки данных и системах искусственного интеллекта.
ПК-3	Способен применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии	ПК-3.3. Использует пакеты программного обеспечения, операционные системы, электронные библиотеки, сетевые технологии при решении задач профессиональной деятельности	Знать: пакеты программного обеспечения, применяемых для решения задач вычислительной линейной алгебры. Уметь: разрабатывать программы численных методов. Владеть: основами разработки программ решения задач вычислительной линейной алгебры в одном из пакетов программ.

4. Структура и содержание дисциплины "Вычислительная линейная алгебра"

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)											Формы теку- щего контроля успеваемости (по неделям се- местра) Форма проме- жуточной атте- стации (по семестрам)	
				Контактная работа				Самостоятельная работа								
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Подготовка к лекциям	Выполнение индивидуальных домашних заданий	Подготовка к лабораторным работам	Защита лабораторных занятий	Проверка отчетов о выполнении лабораторных работ	Проверка индивидуальных домашних заданий		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15			
1	Раздел 1. Теоретические основы численных методов	4	1–6	12	6	6	6	3		3						
1.1	Тема 1.1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	4	1	2	2		1	1								
1.2	Лабораторная работа 1. Работа в MATLAB в режиме прямых вычислений.	4	2	2		2	1			1	2					

1	2	4	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
1.4	Тема 1.2. Погрешности вычислений	4	3	2	2		1	1			3-5		
1.5	Лабораторная работа 2. Основы графики в MATLAB	4	4	2		2	1			1	4	4	
1.9	Тема 1.3. Свойства вычислительных задач и алгоритмов	4	5	2	2		1	1					
1.10	Лабораторная работа 3. Создание и отладка программ в MATLAB.	4	6	2		2	1			1	6	6	
2	Раздел 2. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений	4	7-12	12	6	6	15	3	6	6			
2.1	Тема 2.1. Методы Гаусса и прогонки	4	7	2	2		3	1		2			
2.2	Лабораторная работа 4. Управляющие конструкции языка MATLAB.	4	8	2		2	2		1	1	8	8	
2.3	Тема 2.2. Методы, основанные на разложении матриц	4	9-11	4	4		6	2	4				
	Лабораторная работа 5. Функции в MATLAB.		10	2		2	2		1	1	10	10	10
2.4	Лабораторная работа 6. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.	4	12	2		2	2		1	1	12	12	12
3	Раздел 3. Классические итерационные методы решения систем линейных	6	13-17	10	5	5	15,05	3	6	6,05			
3.1	Тема 3.1. Основные теоретические положения итерационных методов	6	13	2	2		3	1	2				
3.2	Лабораторная работа 7. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом LU-разложения.	6	14	2		2	2		1	1	14	14	14
3.3	Тема 3.2. Классические итерационные методы.	6	15, 17	3	3		4	2	1	1			
3.4	Лабораторная работа 8. Разработка и исследование программ итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений.	6	16	2		3	6,05		3	3,05	16	16	16
	Общая трудоемкость, в часах			35,95	17	17	1,95	36,05	9	12	15,05	Промежуточная аттестация	
												Форма	Семестр
												Зачет	4

4.2. Содержание дисциплины

4.2.1. Содержание лекционных занятий

Раздел 1. Теоретические основы численных методов

Тема 1.1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент

Схема и типы вычислительного эксперимента. Роль численных методов в современной науке и технике.

Тема 1.2. Погрешности вычислений

Источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры.

Особенности математических вычислений, реализуемых на компьютере: представление чисел в форме с плавающей точкой, диапазон и погрешности представления чисел, операции над числами с плавающей точкой, свойства арифметических операций, стандарт IEEE 754 арифметики с плавающей точкой.

Погрешности округления. Трансформированные погрешности арифметических операций, трансформированные погрешности вычисления функций.

Тема 1.3. Свойства вычислительных задач и алгоритмов

Корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи.

Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам.

Раздел 2. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений

Тема 2.1. Методы Гаусса и прогонки

Метод Гаусса: схема единственного деления, выбор главного элемента по столбцу и по всей матрице, матрицы перестановок, метод Гаусса-Йордана.

Метод прогонки: метод прогонки для системы с трехдиагональной матрицей.

Тема 2.2. Методы, основанные на разложении матриц

Метод LU-разложения. Метод Холецкого (метод квадратных корней). LDV-разложение, LDL^T-разложение. QR-разложение. Сингулярное разложение.

Вычисление определителей треугольной декомпозицией матрицы, обращение матриц путем решения вспомогательных систем линейных уравнений.

Раздел 3. Классические итерационные методы решения систем линейных

Тема 3.1. Основные теоретические положения итерационных методов

Дискретизация задач математической физики и особенности решения систем алгебраических уравнений.

Понятие итерационного метода решения системы линейных алгебраических уравнений. Расщепляющая матрица. Условия сходимости итерационного процесса. Условия окончания итерационного процесса (критерии останова). Методическая погрешность итерационного процесса.

Тема 3.2. Классические итерационные методы

Методы Рундсона, простой итерации и Якоби, Зейделя и последовательной верхней релаксации.

4.2.2. Темы лабораторных работ

1. Работа в MATLAB в режиме прямых вычислений.
2. Основы графики в MATLAB.
3. Создание и отладка программ в MATLAB.
4. Управляющие конструкции языка MATLAB.

5. Функции в MATLAB.
6. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.
7. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом LU-разложения.
8. Разработка и исследование программ итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины "Вычислительная линейная алгебра" при проведении аудиторных занятий используется образовательная технология, предусматривающая такие методы и формы изучения материала как лекция, лабораторное занятие, включающие активные и интерактивные формы занятий:

- проведение лекции проблемного характера (Тема 3.1. "Основные теоретические положения итерационных методов");
- проведение лабораторных занятий в интерактивной форме и публичная защита отчетов по лабораторным работам: работа в малых группах: Лабораторная работа 10. "Решение систем линейных алгебраических уравнений методом LU-разложения"; Лабораторная работа 14. "Разработка и исследование программ итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений").

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 25 % от общего количества аудиторных занятий.

Используется многоуровневое построение курса: изучение теоретического материала без привязки к программному обеспечению; реализация основных численных методов с использованием стандартных функций MATLAB; реализация основных численных методов с использованием библиотеки примеров программ, реализованных автором курса; разработка студентами собственных программ.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя (консультации, помощь в написании и отладки программ и др.) и индивидуальную работу студента, выполняемую как дома, так и в компьютерном классе с выходом в Интернет.

При реализации образовательных технологий используются следующие виды самостоятельной работы:

- работа с конспектом лекции и литературой;
- подготовка к лабораторной работе: изучение теоретического материала, разработка и отладка программ заданий по лабораторным работам;
- обработка результатов лабораторных работ и подготовка письменных отчетов;
- выполнение и оформление индивидуальных домашних заданий: изучение теоретического материала, разработка алгоритма решения задачи, разработка и отладка программ, вычислительный эксперимент с разработанной программой, оформление письменного отчета по индивидуальному заданию;
- поиск информации в сети «Интернет» и литературе;
- подготовка к сдаче зачёта.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

В качестве других видов контактной работы запланированы консультации при подготовке и проведении текущей и промежуточной аттестации.

При организации самостоятельной работы студентов и, при необходимости, при проведении аудиторных занятий используются /могут быть использованы дистанционные образовательные технологии

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.
Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
по итогам освоения дисциплины.**

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Тема 1.1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	Подготовка к лекциям	Проанализировать схему и типы вычислительного эксперимента, роль численных методов в современной науке и технике. Найти в Интернет примеры моделирования научно-технических задач.	1, 2	1
2	Лабораторная работа 2. Работа в MATLAB в режиме прямых вычислений	Подготовка к лабораторным работам	Рассмотреть выполнение арифметических операций, работу с рабочим пространством, поддержку IEEE-стандарта двоичной арифметики, работу с матрицами и массивами, обращение к стандартным функциям	2, 7	1
3	Тема 1.2. Погрешности вычислений	Подготовка к лекциям	Проанализировать источники погрешностей вычислений, особенности представления чисел в форме с плавающей точкой, погрешности представления и округления чисел с плавающей точкой. Изучить основы стандарта IEEE 754 арифметики с плавающей точкой. Найти в Интернет и изучить основы стандарта IEEE-754 и особенности представления двоичных чисел в форме с плавающей точкой	1, 2	1
4	Лабораторная работа 2. Основы графики в MATLAB	Подготовка к лабораторным работам	Изучить создание графика функции одной переменной, отображение нескольких кривых на одном графике, расположение графиков в нескольких подокнах одного графического окна, создание трехмерных графиков. Дополнительно изучить настройку вида графиков. Подготовка к защите лабораторной работы. Оформление отчета о лабораторной работе.	7	1
5	Тема 1.3. Свойства вычислительных задач и алгоритмов	Подготовка к лекциям	Изучить понятия корректности и обусловленности вычислительной задачи. Изучить требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам.	1, 2, 4	1
6	Лабораторная работа 3. Создание и отладка программ в MATLAB	Подготовка к лабораторным работам	Освоить редактор М-файлов, создание простейших программ, отладку программ с использованием точек останова. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	1
7	Тема 2.1. Методы Гаусса и прогонки	Подготовка к лекциям	Изучить схему единственного деления, выбор главного элемента по столбцу и по всей матрице, матрицы перестановок, метод Йордана-Гаусса. Изучить метод прогонки на примере	1,2, 5–6	2

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
			системы с трехдиагональной матрицей. Дополнительные задания. Проанализировать метод прогонки для системы с пятидиагональной матрицей		
		Выполнение индивидуального задания	Анализ задания, подбор литературы	1,2, 5–6	2
8	Лабораторная работа 4. Управляющие конструкции в языке MATLAB	Подготовка к лабораторным работам	Изучить условные операторы и организацию циклов. Подготовка к защите лабораторной работы.	7	1
		Выполнение индивидуального задания	Разработка алгоритма решения задач задания.	1,2, 5–6	1
9–11	Тема 2.2. Методы, основанные на разложении матриц	Подготовка к лекциям	Рассмотреть вычисление элементов LU-разложения и разложения Холецкого. Дополнительное задание. Проанализировать применение метода Холецкого для решения систем с ленточными матрицами.	1,2, 5–6	2
		Выполнение индивидуального задания	Разработка и отладка программ.	1,2, 5–6	4
10	Лабораторная работа 5. Функции в MATLAB	Подготовка к лабораторным работам	Изучить построение пользовательских функций, включая функции с переменным числом аргументов. Подготовка к защите лабораторной работы. Оформление отчета о лабораторной работе	7	1
		Выполнение индивидуального задания	Разработка и отладка программ.	1,2, 5–6	1
12	Лабораторная работа 6. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса	Подготовка к лабораторным работам	Разработать и отладить программу реализации метода Гаусса. Подготовка к защите лабораторной работы. Оформление отчета о лабораторной работе.	2, 3	1
		Выполнение индивидуального задания	Разработка и отладка программ.	1,2, 5–6	1
13	Тема 3.1. Основные теоретические положения итерационных методов	Подготовка к лекциям	Изучить понятия итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений, расщепляющей матрица, условия сходимости итерационного процесса, условия окончания итерационного процесса и методической погрешности итерационного процесса.	2, 4	1
		Выполнение индивидуального задания	Разработка и отладка программ.	7	2
14	Лабораторная работа 7. Решение си-	Подготовка к лабораторным рабо-	Изучить реализацию метода LU-разложения. Разработать и отла-	2, 3	1

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
	систем линейных алгебраических уравнений методом LU-разложения	там	дать программу реализации метода LU-разложения. Подготовка к защите лабораторной работы. Оформление отчета о лабораторной работе.		
		Выполнение индивидуального задания	Разработка и отладка программ.	7	1
15,17	Тема 3.2. Классические итерационные методы.	Подготовка к лекциям	Изучить методы Ричардсона, простой итерации и Якоби, Зейделя и последовательной верхней релаксации.	2, 3	1
		Выполнение индивидуального задания	Оформление отчета. Подготовка к сдаче задания.	7	1
16	Лабораторная работа 8. Разработка и исследование программ итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений.	Подготовка к лабораторным работам	Изучить реализацию классических итерационных методов. Разработать и отладить программы реализации классических итерационных методов. Подготовка к защите лабораторной работы. Оформление отчета о лабораторной работе.	2, 3	3
		Выполнение индивидуального задания I	Оформление отчета. Подготовка к сдаче задания.	7	3,05

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

При работе с конспектом лекций и изучении рекомендованной литературы студенту необходимо изучить конспект лекций, ответить на контрольные вопросы, изучить разделы рекомендованной литературы. Следует поощрять регулярную работу студентов с теоретическим материалом и чтение источников, выходящих за пределы рекомендованного списка литературы.

При подготовке к лабораторным работам студентам следует изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, ответить на контрольные вопросы

При оформлении отчетов по лабораторным работам студент должен изучить требования к оформлению отчета, представить результаты выполнения работы, проанализировать результаты работы и сделать выводы по работе.

При выполнении индивидуального задания студенту необходимо провести анализ задания, изучить рекомендованную литературу, обоснованно выбрать метод решения задач, разработать алгоритм решения, разработать и отладить программы, провести вычислительный эксперимент, проанализировать результаты. Студент в обязательном порядке должен показать, что полученные результаты являются решением задач. Следует пояснить студентам, что формальный поиск в Интернет решения аналогичных задач не позволит полноценно выполнить задание и зачастую приводит к неверным результатам. Работа над заданием должна включать элементы исследования, например, сравнение различных методов решения, исследование точности решения.

Подготовка к зачету подразумевает повторение изученного материал. Использование при подготовке и ответах результатов выполнения индивидуальных заданий облегчает подготовку и повышает качество ответа.

Студентам из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья могут быть предложены электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые разделы	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Защита лабораторных работ.	1–3	ОПК-1, 2, 3 ПК-3
2.	Проверка отчетов о выполнении лабораторных работ.	1–3	ОПК-1, 2, 3 ПК-3
3.	Проверка индивидуальных домашних заданий	1–3	ОПК-1, 2, 3 ПК-3
4.	Промежуточный: зачет	1–3	ОПК-1, 2, 3 ПК-3

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ — Фонд оценочных средств по дисциплине "Вычислительная линейная алгебра".

Демонстрационные варианты оценочных средств для каждого вида контроля доступны в ЭИОС (<http://moodle.pnzgu.ru/>) в разделе дисциплины.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) учебная литература

1. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. Вычислительные методы. — М.: Лань, 2014. — 672 с. (21 экз.)

http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=10521

2. Горбаченко В. И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 320 с. (50 экз.)

http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=15114

3. Горбаченко В. И., Убиенных Г. Ф. Численные методы решения задач линейной алгебры: лабораторный практикум в системе MATLAB: учебное пособие. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. — 98 с. (26 экз.)

http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=15967

4. Саад Ю. Итерационные методы для разреженных линейных систем. В 2-х т.: учеб. пособие. Т. 1. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. — 344 с. (30 экз.)

http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=15974

5. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. — СПб.: Лань, 2008. — 400 с. (12 экз.)

http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=11368

6. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики: учеб. пособие. — 7-е изд., стер. — СПб.: Лань, 2009. — 288 с. (11 экз.)

http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=11367

7. Гилат А. MATLAB. Теория и практика. — М.: ДМК Пресс, 2016. — 416 с. (ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/book/82814>)

б) Интернет-ресурсы

По численным методам имеется огромное число Интернет-ресурсов. В таблице перечислены наиболее авторитетные из них.

№ п/п	Адрес сайта	Описание материала, содержащегося на сайте
1.	http://www.mathworks.com/	Портал компании MathWorks, Inc. — разработчика системы MATLAB. Содержит большой объем информации по использованию MATLAB, включая интерактивные курсы (на английском языке).
2.	http://sl-matlab.ru/	Русский сайт официального представительства компании MathWorks
3.	http://num-anal.srcc.msu.ru/	Научно-образовательный Интернет-ресурс НИВЦ МГУ по численному анализу
4.	http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm	Международный научно-образовательный сайт "EqWorld — Мир математических уравнений" — крупнейший в мире электронный ресурс, посвященный математическим уравнениям и методам их решения (в том числе численным). Материалы доступны на русском языке.
5.	http://www.intuit.ru/	Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ" — имеется много бесплатных курсов (в том числе, по численным методам), программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки, интересных докладов и другой полезной информации.
6.	http://window.edu.ru/	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования. Система содержит много учебных пособий по численным методам, подготовленным в ВУЗах России.

в) Программное обеспечение

Все лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах в системе MATLAB.

г) Другое материально-техническое обеспечение

Студенты используют рабочие места в компьютерном классе, оборудованном локальной сетью и выходом в Internet, имеющиеся в библиотеке учебники. На сетевом ресурсе уни-

верситета представлены в свободном доступе входящие в состав учебно-методического комплекса полные электронные версии лекционного курса, лабораторный практикум, индивидуальные задания и библиотека программ примеров (автор Горбаченко В. И.). Все лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах.

Рабочая программа дисциплины "Вычислительная линейная алгебра" составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки "Прикладная математика и информатика", утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "10" января 2018 г. № 9.

Программу составил:

Зав. кафедрой КТ, д.т.н., профессор



В.И. Горбаченко

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры КТ

Протокол № 12 от « 26 » июня 2019 года

Зав. кафедрой КТ

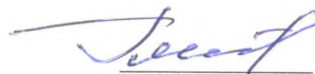


В.И. Горбаченко

Программа одобрена методической комиссией ФВТ

Протокол № 10 от « 03 » июня 2019 года

Председатель методической комиссии ФВТ



Т.В. Глотова

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой
2020-2021	Протокол №1 от 31.08.2020	Переутвердить без изменений	