

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

 О.Г. Прохоренко

«30» апреля 2024 г.

Регистрационный № УД – 1502/6.

МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

6-05-0533-11

Прикладная информатика

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0533-11-2023, утвержденного МО РБ от 04.08.2023 № 236, примерного учебного плана, регистрационный № 6-05-05-029/пр от 30.01.2023, учебных планов: № 6-5.3-59/03, № 6-5.3-59/04, № 6-5.3-59/05 от 15.05.2023, № 6-5.3-59/01 ин., № 6-5.3-59/02 ин., № 6-5.3-59/03 ин. от 31.05.2023

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.В. Никифоров, доцент кафедры вычислительной математики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТ:

Краков М.С., профессор кафедры ЮНЕСКО "Энергосбережение и возобновляемые источники энергии" БНТУ, доктор физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой вычислительной математики БГУ (протокол № 12 от 23.04.2024);

Научно-методическим советом БГУ (протокол № 7 от 30.04.2024)

Заведующий кафедрой
вычислительной математики



В.И. Репников

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Методы вычислений» – обучение студентов основам вычислительной математики, а также алгоритмам и методам численного решения задач линейной алгебры и анализа.

В рамках поставленной цели **задачи учебной дисциплины** состоят в следующем:

- обучение теоретическим основам построения и исследования численных методов и алгоритмов решения задач линейной алгебры и анализа;
- формирование представления о классических и современных численных методах;
- выработка навыков практической программной реализации вычислительных алгоритмов и анализа получаемых результатов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина «Методы вычислений» относится к компоненту учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами.

Основой для изучения дисциплины «Методы вычислений» являются учебные дисциплины государственного компонента «Алгебра и теория чисел», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», а также дисциплина «Программирование компьютерной графики» компонента учреждения образования.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Методы вычислений» студентами специальности 6-05-0533-11 **Прикладная информатика** должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции**:

СК – 3. Использовать вычислительные методы линейной алгебры и анализа для решения прикладных задач в различных сферах человеческой деятельности, применять навыки программной реализации вычислительных алгоритмов и анализа полученных результатов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные численные методы решения задач линейной алгебры и анализа;
- особенности машинной арифметики и их влияние на поведение вычислительных алгоритмов;

уметь:

- применять численные методы для решения прикладных задач;
- оценивать области применения и эффективность численного метода;
- анализировать точность численного решения;

владеть:

- навыками построения вычислительных алгоритмов и их программной реализации;
- навыками использования современного программного обеспечения для численного решения задач.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 3 и 4 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Методы вычислений» отведено:

– для очной формы получения высшего образования–308 часов, в том числе 140 аудиторных часов, из них:

-3 семестр – 68 аудиторных часов, в том числе: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа;

Трудоемкость учебной дисциплины – 3 зачетных единиц.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

- 4 семестр– 72 аудиторных часа, в том числе: лекции – 36 часов лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов;

Трудоемкость учебной дисциплины – 6 зачетных единиц.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений

Тема 1.1. Матричные нормы, обусловленность СЛАУ

Общая характеристика проблем решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), решения задач на собственные значения, понятия корректности и устойчивости задачи. Понятие числа обусловленности задачи. Нормы векторов и матриц. Число обусловленности матрицы и его свойства.

Тема 1.2. Прямые методы решения СЛАУ

Общая характеристика прямых методов решения СЛАУ. Методы Гаусса с выбором главного элемента. Вычисление определителей и обращение матриц с помощью метода Гаусса. Теорема об LU-разложении. Связь метода Гаусса с теоремой об LU-разложении. Метод прогонки решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей. Разложение Холецкого, метод квадратного корня. QR факторизация матриц.

Тема 1.3. Итерационные методы решения СЛАУ

Общая характеристика итерационных методов решения СЛАУ. Общий вид простейших итерационных процессов решения СЛАУ. Метод простой итерации, теорема Самарского А.А. о сходимости двухслойных итерационных схем. Методы Якоби, Гаусса-Зейделя и релаксации. Подпространства Крылова, алгоритм Арнольди, методы обобщенных минимальных невязок и полной ортогонализации.

Раздел 2. Методы решения задач на собственные значения

Тема 2.1. Полная проблема собственных значений

Общая постановка задачи на собственные значения. Итерационный метод вращений Якоби. QR-алгоритм.

Тема 2.2. Частичная проблема собственных значений

Степенной метод вычисления наибольшего по модулю собственного значения и его модификации. Метод обратной итерации. Метод Виландта исчерпывания собственных значений и понижения размерности матрицы.

Раздел 3. Методы решения нелинейных уравнений и систем

Тема 3.1. Итерационные методы решения нелинейных уравнений

Принцип сжимающих отображений. Метод простой итерации, теоремы о сходимости. Методы Ньютона и секущих, теоремы о сходимости.

Тема 3.2. Итерационные методы решения систем нелинейных уравнений

Методы простой итерации и Ньютона для решения систем нелинейных уравнений.

Раздел 4. Приближение функций

Тема 4.1. Интерполирование

Постановка задачи интерполирования и ее разрешимость. Алгебраическое интерполирование. Интерполяционный многочлен в форме Лагранжа. Остаток интерполирования в форме Лагранжа. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона. Интерполяционный полином Чебышева. Минимизация остатка интерполирования.

Тема 4.2. Среднеквадратичные приближения

Наилучшие приближения в нормированных пространствах. Построение элемента наилучшего приближения. Среднеквадратичные приближения функций. Метод наименьших квадратов.

Тема 4.3. Сплайны и кривые Безье

Понятие сплайн-функции. Сплайн-интерполирование. Построение интерполяционных сплайнов второго и третьего порядков. Параметрические кривые. Многочлены Бернштейна и их свойства. Кривые Безье.

Раздел 5. Численное интегрирование

Тема 5.1. Интерполяционные квадратурные формулы

Квадратурные формулы и связанные с ними задачи. Интерполяционные квадратурные формулы. Простейшие квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Оценки точности квадратурных формул. Правило Рунге.

Тема 5.2. Квадратурные формулы типа Гаусса

Квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности (НАСТ). Критерий и свойства квадратурных формул НАСТ. Теоремы существования, единственности и о свойствах узлов квадратурных формул НАСТ. Частные случаи квадратурных формул НАСТ.

Тема 5.3. Квадратурные формулы с равными коэффициентами

Соотношения Ньютона между коэффициентами многочлена и степенными суммами его корней. Квадратурные формулы с равными коэффициентами. Частные случаи квадратурных формул с равными коэффициентами.

Раздел 6. Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений

Тема 6.1. Методы решения задачи Коши

Классификация методов решения задачи Коши. Одношаговые методы. Методы Рунге–Кутты. Многошаговые методы. Методы Адамса.

Тема 6.2. Метод сеток решения граничных задач

Аппроксимация производных на сетке узлов. Метод конечных объемов построения разностных схем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Количество часов УСП	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Методы решения систем линейных алгебраических уравнений						
1.1	Матричные нормы, обусловленность СЛАУ	2			2		Устный опрос
1.2	Прямые методы решения СЛАУ	8			10	1	Отчет по лабораторной работе
1.3	Итерационные методы решения СЛАУ	12			10	1	Отчет по лабораторной работе
2	Методы решения задач на собственные значения						
2.1	Полная проблема собственных значений	4			2		Устный опрос
2.2	Частичная проблема собственных значений	2			2	1	Отчет по лабораторной работе по разделу 2, контрольная работа по разделу 2
3	Методы решения нелинейных уравнений и систем						
3.1	Итерационные методы решения нелинейных уравнений	4			2	1	Отчет по лабораторной работе
3.2	Итерационные методы решения систем не-	2			2		Контрольная работа по

	линейных уравнений						разделу 3
4	Приближение функций						
4.1	Интерполирование	6			6	1	Отчет по лабораторной работе, устный опрос
4.2	Среднеквадратичные приближения	6			4	1	Отчет по лабораторной работе
4.3	Сплайны и кривые Безье	4			4	1	Отчет по лабораторной работе Контрольная работа по разделу 4
5	Численное интегрирование						
5.1	Интерполяционные квадратурные формулы	4			4		Устный опрос
5.2	Квадратурные формулы типа Гаусса	4			4	1	Отчет по лабораторной работе
5.3	Квадратурные формулы с равными коэффициентами	2			2		Контрольная работа по Разделу 5
6	Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений						
6.1	Методы решения задачи Коши	6			4	1	Отчет по лабораторной работе
6.2	Методы решения краевых задач	4			4	1	Отчет по лабораторной работе
	Всего	70			60	10	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Чекмарев, Г. Е. Методы вычислений: учебно-методическое пособие / Г. Е. Чекмарев, С. О. Фоминых. — Чебоксары : ЧГПУ им. И. Я. Яковлева, 2022. — 100 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/354263>
2. Гулин, А.В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 368 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1852192>
3. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики: учебное пособие / Г.И. Марчук. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 608 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210302>.
4. Фаддеев, Д.К. Вычислительные методы линейной алгебры: учебник / Д.К. Фаддеев, В.Н. Фаддеева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 736 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210368>.
5. Г.И. Беликова, Е.А. Бровкина, Б.Г. Вагер, Л.В. Витковская, Ю.Л. Матвеев Численные методы. Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2019. –174 с.
6. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учебник и практикум для вузов / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 356 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02714-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/535676>

Перечень дополнительной литературы

1. Бахвалов Н.С., Лапин А.В., Чижонков Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях. - М.: Высш. шк., 2000. - 190 с.
2. Вержбицкий, В.М. Основы численных методов: учебник для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки дипломированных спец. "Прикладная математика" / В.М. Вержбицкий. - Изд. 2-е, перераб. - Москва: Высшая школа, 2005. - 841с.
3. Воеводин, В.В. Вычислительные основы линейной алгебры. М.: Наука, 1977. - 304 с.
4. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. - М.: Наука, 1984. — 320с.
5. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. - М.: Мир, 1999. – 548 с.
6. Деммель, Дж. Вычислительная линейная алгебра = Applied Numerical Linear Algebra : Теория и приложения / Дж. Деммель; пер. с англ. Х. Д. Икрамова. - М.: Мир, 2001. - 430 с.

7. Калиткин Н.Н. Численные методы: Учебное пособие. – БХВ-Петербург, 2011. - 592 с.
8. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и математическое обеспечение. М.: Мир, 1998. - 575 с.
9. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы высшей математики. Т. 1. Минск: Вышэйшая школа, 1972. - 584 с.
10. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы. Т. 1. М: Наука, 1976. - 304 с.
11. Саад Ю. Итерационные методы для разреженных линейных систем. В 2-х томах. Том 1. – М.: Издательство Московского университета, 2013. – 306 с.
12. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы: Учебное пособие. – М.: Наука, 1989.-432 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для текущего контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

- отчеты по лабораторным работам;
- письменные контрольные работы;
- устные опросы.

Лабораторные работы, как правило, представляют собой задания, включающие программную реализацию указанного численного метода (язык программирования обычно выбирается самим студентом), проведение вычислительного эксперимента и комментарии по его итогам. Рекомендуемая форма отчетности по лабораторной работе – письменный отчет. Лабораторная работа оценивается по стандартной 10-балльной шкале. Отметка за лабораторную работу может быть снижена в случае несвоевременного выполнения.

Все контрольные работы выполняются на лабораторных занятиях. **Письменные контрольные работы** проводятся для контроля знаний по одному или нескольким разделам учебной дисциплины. Они включают, как правило, 4-5 заданий и оцениваются по 10-балльной шкале. В случае неудовлетворительной отметки контрольная работа может быть переписана.

Устный опрос студентов проводится в свободной форме в течение лабораторных и лекционных занятий. Его результаты учитываются преподавателем при выставлении итоговой отметки в конце семестра.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Методы вычислений» учебным планом предусмотрен **зачет и экзамен**.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации:

Формирование отметки за текущую аттестацию:

–отчеты по лабораторным работам – 50 %;

–контрольные работы – 40 %;

–устный опрос – 10 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки текущей аттестации составляет 40 %, экзаменационной отметки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 1. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений (2 ч.)

Тема 1.2. Прямые методы решения СЛАУ (1 ч)

Перечень заданий:

1. Решить СЛАУ методом Гаусса или методом квадратного корня.

Тема 1.3. Итерационные методы решения СЛАУ

Перечень заданий:

2. Решить СЛАУ методом Якоби или методом Гаусса-Зейделя.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе.

Раздел 2. Методы решения задач на собственные значения (1 ч.)

Перечень заданий:

1. Найти максимальное по модулю собственное значение матрицы и соответствующий собственный вектор степенным методом с заданной точностью

2. Найти собственные значения матрицы с заданной точностью используя метод QR-итераций

Форма контроля – отчет по лабораторной работе.

Раздел 3. Методы решения нелинейных уравнений и систем

Тема 3.1. Итерационные методы решения нелинейных уравнений (1 ч.)

Перечень заданий:

1. Решить нелинейное уравнение с заданной точностью методом простой итерации.
2. Решить нелинейное уравнение с заданной точностью методом Ньютона.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе.

Раздел 4. Приближение функций (3 ч.)

Перечень заданий:

1. Для заданной функции построить интерполяционный многочлен в форме Лагранжа или Ньютона.
2. Оценить погрешность алгебраической интерполяции функции многочленом указанной степени.
3. Построить интерполяционный кубический сплайн с указанными граничными условиями.
4. Построить среднеквадратичное приближение для указанной функции

Форма контроля – отчет по лабораторной работе.

Раздел 5. Численное интегрирование

Тема 5.2. Квадратурные формулы типа Гаусса (1 ч.)

Перечень заданий:

1. Построить квадратурную формулу Гаусса с заданным числом узлов и весовой функцией.
2. Вычислить по формуле приближенное значение интеграла для заданной функции и оценить погрешность.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе.

Раздел 6. Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений (2 ч.)

Перечень заданий:

1. Найти численное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 3 порядка точности.
2. Найти численное решение первой краевой задачи для уравнения теплопроводности $-(k(x)u')' + q(x)u = f(x)$, $u(0) = a, u(1) = b$, используя разностную схему 2 порядка точности.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе.

Примерный перечень заданий для контрольных работ

1. Найти указанную норму для заданной матрицы
2. Найти число обусловленности для заданной матрицы в указанной норме

3. Найти решение заданной системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) методом Гаусса.
4. Найти LU разложение заданной матрицы
5. Найти решение заданной СЛАУ используя LU разложение матрицы системы
6. Найти обратную матрицу используя LU разложение
7. Найти решение заданной СЛАУ с трех диагональной матрицей методом прогонки
8. Найти LDLT разложение для заданной симметрической матрицы
9. Найти решение заданной СЛАУ с симметрической положительно определенной матрицей методом Холецкого
10. Найти QR разложение для заданной матрицы размера 3×3 методом отражений
11. Записать итерационные методы решения СЛАУ – Якоби, Зейделя, релаксации в индексной (покомпонентной) и матричной формах
12. Построить ортонормированный базис подпространства Крылова методом Арнольди используя матрицу размера 3×3
13. Записать алгоритм метода полной ортогонализации
14. Используя степенной метод с нормировкой найти приближение максимального по модулю собственного значения матрицы размера 2×2 и соответствующего собственного вектора
15. Используя метод обратной итерации найти приближенное значение минимального по модулю собственного значения матрицы размера 2×2 и соответствующего собственного вектора
16. Используя метод QR итераций найти приближенное значение собственных значений и собственных векторов для положительно определенной симметрической матрицы с диагональным преобладанием размера 2×2 сделав 2-3 итерации
17. Найти приближенное значение одного из корней кубического полинома $x^3 - x$ методом Ньютона сделав 3-4 итерации
18. Для сеточной функции (3-4 узла) построить интерполяционный полином в форме Лагранжа или Ньютона
19. На интервале $[0, 1]$ построить приближение функции x^3 интерполяционным полиномом построенным по трем чебышевским узлам. Найти оценку погрешности.
20. Найти линейное приближение сеточной функции (4-5 узлов) методом наименьших квадратов
21. Для набора точек $P_0[1, 1]$, $P_1[2, 3]$, $P_2[4, 3]$, $P_3[3, 1]$ найти 5 точек кривой Безье соответствующим равномерному распределению параметра $t \in [0, 1]$
22. Оценить число разбиений отрезка N для вычисления интеграла $\int_0^1 \sin(x^2) dx$ по составной квадратурной формуле трапеций, обеспечивающее точность 0.0001

23. Построить квадратуру Гаусса с двумя узлами для вычисления интеграла $\int_{-1}^1 x^2 f(x) dx$

24. Определить порядок точности метода Рунге-Кутты:
 $y_{j+1}^* = y_j + hf(x_j, y_j), \quad y_{j+1} = y_j + 0.5h(f(x_j, y_j) + f(x_{j+1}, y_{j+1}^*))$

25. Вывести явную и неявную формулы Адамса 3 порядка точности

26. Для задачи $-u'' + u = f(x), u(0) = u(1) = 0$, построить разностные схемы 2 и 4 порядков точности.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации занятий используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности.

Также при организации образовательного процесса используется **метод группового обучения**, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Методы вычислений» следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, методические указания к лабораторным занятиям, материалы текущего контроля и промежуточной аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательного стандарта общего высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету, экзамену, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего и итогового контроля знаний. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Дать определение матричной нормы, привести примеры
2. Дать определение числа обусловленности
3. Дать определение положительно определенной матрицы
4. Сформулировать теорему об LU разложении матрицы
5. Дать формулировку разложения Холецкого. Для каких матриц это разложение существует и является единственным?
6. Определение матрицы Хаусхолдера и ее свойства
7. Дать определение сходимости итерационного метода решения СЛАУ
9. Сформулировать теорему о сходимости метода простой итерации
10. Записать матричную форму методов Якоби, Рундсона, Гаусса-Зейделя.
11. Сформулировать теорему Самарского о сходимости двухслойных итерационных методов
12. Определение подпространства Крылова
13. Определение матрицы вращений (Гивенса) и ее свойства
14. Записать алгоритм степенного метода с нормировкой

Примерный перечень вопросов к экзамену

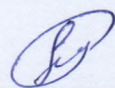
1. Векторные и матричные нормы
2. Понятие обусловленности задачи
3. Число обусловленности матрицы и его свойства
4. Метод Гаусса, теорема об осуществимости прямого хода, алгоритм
5. Стратегии выбора главного элемента для метода Гаусса
6. LU-разложение: его связь с методом Гаусса, алгоритм
7. Вычисление определителя и обращение матриц
8. Метод прогонки
9. LDLT-разложение
10. Разложение Холецкого
11. Преобразования отражения и его свойства
12. Метод отражений для решения СЛАУ
13. QR-разложение матрицы методом отражений
14. Стационарные итерационные методы решения СЛАУ, критерий сходимости
15. Методы простой итерации, Рундсона, Якоби, Гаусса-Зейделя, релаксации
16. Подпространство Крылова, алгоритм Арнольди
17. Обобщенный метод минимальных невязок (GMRES)
18. Метод полной ортогонализации (FOM)
19. Преобразования вращения и их свойства
20. Степенной метод
21. Метод обратной итерации

22. QR-алгоритм: общая схема
23. Приведение матрицы к форме Хессенберга методом отражений
24. QR-разложение хессенберговой матрицы методом вращений
25. Порядок сходимости метода решения нелинейных уравнений
26. Метод Ньютона: построение, геометрический смысл
27. Метод Ньютона: доказательство сходимости
28. Метод Ньютона: порядок сходимости
29. Методы секущих и хорд
30. Метод Ньютона для систем нелинейных уравнений
31. Интерполяционный многочлен Лагранжа
32. Разделенные разности. Интерполяционный многочлен Ньютона
33. Остаток алгебраического интерполирования
34. Интерполяционный многочлен в форме Чебышева
35. Многочлены Чебышева
36. Минимизация остатка алгебраического интерполирования
37. Понятие сплайна. Интерполяционный сплайн второго порядка
38. Интерполяционный кубический сплайн
39. Кривые Безье
40. Среднеквадратичные приближения. Дискретный случай
41. Среднеквадратичные приближения функций
42. Интерполяционные квадратурные формулы и их остаток
43. Квадратурные формулы Ньютона–Котеса
44. Квадратурные формулы Гаусса
45. Квадратурные формулы с равными коэффициентами
46. Составные квадратурные формулы и их остаток
47. Правило Рунге
48. Простейшие одношаговые методы решения задачи Коши
49. Простейшие методы Рунге–Кутты (РК)
50. Условия порядка методов РК
51. Многошаговые методы. Явные методы Адамса
52. Многошаговые методы. Неявные методы Адамса
53. Аппроксимация производных на сетке узлов
54. Решение краевых задач методом конечных объемов

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой
вычислительной математики
доцент, канд. ф.-м.н.



В.И. Репников

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО
на _____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Заведующий кафедрой

доцент, канд. ф.-м.н. _____

(степень, звание)

(подпись)

В.И. Репников

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(степень, звание)

(подпись)

Ю.Л. Орлович

(И.О.Фамилия)