

Минобрнауки России
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой
Матвеев Михаил Григорьевич
Кафедра информационных технологий управления
03.05.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03 Методы вычислений в бизнес-приложениях

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

09.03.03 Прикладная информатика

2. Профиль подготовки/специализация:

Прикладная информатика в экономике

3. Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавриат

4. Форма обучения:

Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Кафедра информационных технологий управления

6. Составители программы:

доцент Копытин А.В.

7. Рекомендована:

НМС ФКН 03.05.2023 протокол №7

8. Учебный год:

2024-2025 4 семестр

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

дать слушателям систематическое представление о численных методах и вычислительных алгоритмах необходимое в экономико-математическом моделировании.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

изучение дисциплины «Методы вычислительной математики» основывается на базе знаний, полученных студентами в ходе освоения дисциплин «Линейная алгебра», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотношенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-2 Способность составлять технико-экономическое обоснование проектных решений и техническое задание на разработку информационной системы	ПК-2.1 Разработка требований и проектирование программного обеспечения.	<p>Знать: основные требования к программному обеспечению</p> <p>Уметь: проектировать программное обеспечение</p> <p>Владеть: навыками разработки требований и проектирование программного обеспечения</p>
ПК-5 Способность моделировать прикладные процессы и предметную область	ПК-5.1 Разработка модели бизнес-процессов заказчика.	<p>Знать: модели бизнес-процессов заказчика</p> <p>Уметь: работать с моделями бизнес-процессов заказчика</p> <p>Владеть: навыками разработки модели бизнес-процессов заказчика</p>
ПК-5 Способность моделировать прикладные процессы и предметную область	ПК-5.2 Работать с инструментальными средствами моделирования предметной области.	<p>Знать: основные инструментальные средства моделирования предметной области</p> <p>Уметь: работать с инструментальными средствами моделирования предметной области</p> <p>Владеть: навыками работы с инструментальными средствами моделирования предметной области</p>
ПК-2 Способность составлять технико-экономическое обоснование проектных решений и техническое задание на разработку информационной системы	ПК-2.2 Разработка требований и проектирование технического обеспечения.	<p>Знать: основные требования к техническому обеспечению</p> <p>Уметь: проектировать техническое обеспечение</p> <p>Владеть: навыками разработки требований и проектирование технического обеспечения</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 4	Всего
Аудиторные занятия	64	64
Лекционные занятия	16	16
Практические занятия	32	32
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа	44	44
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	36	36
Часы на контроль	36	36
Всего	144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Элементы теории погрешностей. Элементы машинной арифметики.	Понятие погрешности вычислений. Абсолютная и относительная погрешность. Погрешности выполнения арифметических операций. Особенности расчетов с использованием вычислительной техники.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192

1.2	Численные методы линейной алгебры.	<p>Метод Гаусса для решения систем линейных алгебраических уравнений. Выбор ведущего элемента. Особенности численной реализации метода Гаусса. Итерационные методы. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Условие сходимости. Скорость сходимости. Оценка точности. Плохо обусловленная задача линейной алгебры. Определение. Проявления плохой обусловленности.</p>	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
-----	------------------------------------	---	---

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-----	---------------------------------	-------------------------------	--

1.3	Решение нелинейных уравнений и систем.	<p>Постановка задачи. Способы отделения корней. Понятия погрешности и невязки и их взаимосвязь. Обусловленность нелинейной задачи. Метод половинного деления для решения одного нелинейного уравнения. Метод Ньютона для решения одного нелинейного уравнения. Геометрическая интерпретация. Сравнение методов Ньютона и половинного деления. Условия сходимости метода Ньютона. Метод секущих. Метод хорд. Геометрическая интерпретация. Итеративные методы решения нелинейных уравнений. Метод итераций. Условия сходимости. Геометрическая интерпретация. Решение систем нелинейных уравнений. Постановка задача. Вопросы существования и единственности решения. Способы отделения корней. Способы оценки точности. Взаимосвязь погрешности и невязки. Метод Ньютона для решения систем нелинейных уравнений. Упрощенный метод Ньютона. Метод простой итерации для решения систем нелинейных уравнений. Метод Зейделя. Теорема о достаточных условиях сходимости методов.</p>	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
-----	--	---	---

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-----	---------------------------------	-------------------------------	--

1.4	Численные методы теории приближений.	<p>Постановка задачи интерполяции. Интерполяция степенными полиномами. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Кусочная интерполяция. Линейная интерполяция. Точность интерполяции. Факторы, определяющие точность интерполяции. численное дифференцирование и интегрирование. Численное вычисление определенного интеграла. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Остаточные члены квадратурных формул. Составные квадратурные формулы. Принципы оценки количества шагов в составной квадратурной формуле. Постановка задачи численного дифференцирования. Принципы ее решения. Приближение функций. Понятия аппроксимации, устойчивости и сходимости. Постановка задачи аппроксимации в заданном классе функций. Критерии аппроксимации. Построение системы нормальных уравнений при аппроксимации по методу наименьших квадратов.</p>	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
-----	--------------------------------------	---	---

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
-----	---------------------------------	-------------------------------	--

1.5	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Численное решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Постановка задачи и основные понятия. Общая характеристика одношаговых методов. Общая характеристика методов Рунге-Кутты. Метод Рунге-Кутты первого и второго порядка. Типы и классификация ошибок численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Вычисления локальных ошибок с помощью изменения шага интегрирования. Выбор шага при интегрировании одношаговыми методами. Методы прогноза коррекции для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Общая характеристика. Сравнительные достоинства и недостатки методов интегрирования систем дифференциальных уравнений. Проблемы устойчивости численных методов. Методы четвертого порядка.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
1.6	Численные методы оптимизации.	Безусловная оптимизация. Одномерная оптимизация. Локальные и глобальные методы. Градиентные методы. Метод Ньютона. Методы сопряженных градиентов и переменной метрики. Нелинейная оптимизация с ограничениями. Градиентные методы. Метод штрафных функций.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192

		Многокритериальные задачи.	
п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
2.			
Практические занятия			
2.1	Метод Гаусса для решения систем линейных алгебраических уравнений	Практическое задание на использование метода Гаусса для решения систем линейных алгебраических уравнений	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
2.2	Метод Зейделя	Практическое задание на применение метода Зейделя	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
2.3	Условие сходимости. Скорость сходимости.	Практическое задание на условие и скорость сходимости	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
2.4	Оценка точности	Практическое задание на оценку точности	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
2.5	Сравнение методов Ньютона и половинного деления.	Практическое задание на сравнение методов Ньютона и половинного деления	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
3.			
Лабораторные занятия			
3.1	Решение нелинейных уравнений и систем.	Задание на тему "Нелинейные уравнения"	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192

3.2	Интерполяция степенными полиномами	Задание на тему "Интерполяция степенными полиномами"	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
3.3	Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона	Задание на тему "Применение формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона"	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
3.4	Задача интерполяции	Задание на тему "Интерполяция"	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
3.5	Градиентные методы	Задание на тему «Применение градиентного метода»	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192
3.6	Многокритериальные задачи.	Задание на тему «Многокритериальные задачи»	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Элементы теории погрешностей. Элементы машинной арифметики.	2	2	2	9	15
2	Численные методы линейной алгебры.	4	8	4	7	23
3	Решение нелинейных уравнений и систем.	4	8	4	7	23
4	Численные методы теории приближений.	2	4	2	7	15
5	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	2	4	2	7	15

6	Численные методы оптимизации.	2	6	2	7	17
		16	32	16	44	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение вопросов очередной темы требует глубокого усвоения теоретических основ дисциплины, раскрытия сущности основных положений, проблемных аспектов темы и анализа фактического материала. Для систематизации знаний и понимания логики изучения предмета в процессе обучения рекомендуется пользоваться программой курса, включающей в себя разделы, темы и вопросы, определяющие стандарт знаний по каждой теме.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1	Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 203 с. — Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=378 — Загл. с экрана.
2	Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=65043 — Загл. с экрана.
3	Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 249 с. — Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=54 — Загл. с экрана.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Турчак, Л. И. Основы численных методов : учебное пособие для студ. вузов / Л.И. Турчак, П.В. Плотников. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М. : Физматлит, 2005. — 300 с.
2	Бахвалов, Н. С. Численные методы : Учебное пособие для студ. физ.-мат. спец. вузов / И. В. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 8-е изд. — М. ; СПб. : Лаборатория базовых знаний, 2000. — 622 с.

3	Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях : Учебное пособие / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков ; под ред. В. А. Садовниченко .— М. : Высш. шк., 2000 .— 189, [1] с.
4	Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 400 с. — Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=537 — Загл. с экрана.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 203 с. — Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=378 — Загл. с экрана.
2	Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 400 с. — Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=537 — Загл. с экрана.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Обучение происходит с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) на портале «Электронный университет ВГУ» (платформа Moodle: <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4192>).

Учебные материалы размещаются в электронной информационно-образовательной среде вуза «Электронный университет ВГУ - Moodle» для обеспечения возможности дистанционного освоения учебного материала и самостоятельной работы слушателей.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Курс реализуется на основе материально-технической базы факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета.

Аудитории для проведения занятий: 477, 479, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 387, 290, 291, 292, 293, 295, 297, 301п, 303п, 305п, 307п, 314п, 316п, 505п;

Материально-техническое оснащений аудиторий

Наименование помещения (номер аудитории)	Имеющееся оборудование
479	Учебная аудитория: компьютер преподавателя i5-8400-2,8ГГц, монитор с ЖК 19", мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
380	Учебная аудитория: компьютер преподавателя i3-3240-3,4ГГц, монитор с ЖК 22", мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель. Система Интернет-видеоконференцсвязи (корп. 1а ауд. 380) Состав системы Интернет-видеоконференцсвязи: ВКС LifeSize Team220 Camera 200 Dual, аудиосистема Defender Mercury 34 SPK-705, интерактивная доска со встроенным проектором "SmartBoard 480iv V25" Лабораторное оборудование по теоретической механике и оптике: машина Атвуда, маятник Максвелла, универсальный маятник, маятник Обербека, крутильный маятник, наклонный маятник, прибор для исследования столкновения шаров, определение скорости полета пули с помощью крутильно-баллистического маятника, изучение законов вращательного движения тел, исследование сложных колебаний, установка для измерения модуля упругости проволоки.
505п	Учебная аудитория: компьютер преподавателя i5-3220-3.3ГГц, монитор с ЖК 17", мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
477	Учебная аудитория: ноутбук HP Pavilion Dv9000-er, мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
292	Учебная аудитория: компьютер преподавателя Pentium-G3420-3,2ГГц, монитор с ЖК 17", мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель. Система для видеоконференций Logitech ConferenceCam Group и ноутбук 15.6" FHD Lenovo V155-15API.
297	Учебная аудитория: ноутбуки HP EliteBook на базе Intel Core i5-8250U-3.4 ГГц, мониторы ЖК 24" (16 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
290	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i7-7800x-4ГГц, мониторы ЖК 27" (12 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель. Лабораторное оборудование искусственного интеллекта: рабочие места - персональные компьютеры на базе i7-7800x-4ГГц, мониторы ЖК 27" (12 шт.); модули АО НПЦ "ЭЛВИС" : процессорный Салют-ЭЛ24ПМ2 (9 шт.), отладочный Салют-ЭЛ24ОМ1 (9 шт.), эмулятор MC-USB-JTAG (9 шт.). Лабораторное оборудование электроники, электротехники и схемотехники: рабочие места - персональные компьютеры на базе i7-7800x-4ГГц, мониторы ЖК 27" (12 шт.); стенд для практических занятий по электрическим цепям (KL-100); стенд для изучения аналоговых электрических схем (KL-200); стенд для изучения цифровых схем (KL-300).
291	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-3220-3,3ГГц, мониторы ЖК 19" (16 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
293	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе Core i7-11700K-3.6 ГГц, мониторы ЖК 24" (15 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель. Лабораторное оборудование компьютерной графики видеоадаптеры GeForce RTX 3070.
295	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-9100-3,6ГГц, мониторы ЖК 24" (14 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель. Лабораторное оборудование информационной безопасности операционных систем и программных средств защиты информации от несанкционированного доступа: рабочие места - персональные компьютеры на базе Intel i3-9100-3,6ГГц, , мониторы ЖК 24" (14 шт.); учебный стенд «Программные средства защиты информации от несанкционированного доступа».
305п	Учебная аудитория: ноутбук HP Pavilion Dv9000-er, мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.

307п	Учебная аудитория: ноутбук HP Pavilion Dv9000-er, мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
303п	<p>Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-8100-3,9ГГц, мониторы ЖК 24" (13 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.</p> <p>Лабораторное оборудование программно-аппаратных средств обеспечения информационной безопасности: персональные компьютеры на базе Intel i3-8100 3.60ГГц, мониторы ЖК 19" (10 шт.), стойка (коммуникационный шкаф), управляемый коммутатор HP Procurve 2524, аппаратный межсетевой экран D-Link DFL-260E, аппаратный межсетевой экран CISCO ASA-5505. лабораторная виртуальная сеть на базе Linux-KVM/LibVirt, взаимодействующая с сетевыми экранами. USB-считыватели смарт-карт ACR1281U-C1 и ACR38U-NEO, смарт-карты ACOS3 72K+MIFARE, карты памяти SLE4428/SLE5528. Учебно-методический комплекс "Программно-аппаратная защита сетей с защитой от НСД" ОАО "ИнфоТеКС".</p> <p>Лабораторное оборудование технической защиты информации, состав ST033P "Пиранья" - многофункциональный поисковый прибор, ST03.DA - дифференциальный низкочастотный усилитель, ST03.TEST - контрольное устройство; комплекс виброакустической защиты "Соната": Соната-ИПЗ, Соната-СА-65М, Соната-СВ-45М; генератор-виброизлучатель (5 октав) "ГШ-1000У"; генератор шума для защиты объектов вычислительной техники 1, 2 и 3 категорий от утечки информации; система автоматизированная оценки защищенности технических средств от утечки информации по каналу побочных электромагнитных излучений и наводок <Сигурд>. Программно-аппаратный комплекс для мониторинга радиобстановки в диапазоне 9 кГц - 21 ГГц «Кассандра K21». Комплекс оценки эффективности защиты речевой информации от утечки по акустическому и виброакустическому каналам, 20 – 12500 Гц.</p>
314п	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-7100-3,6ГГц, мониторы ЖК 19" (16 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
316п	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-9100-3,6ГГц, мониторы ЖК 19" (30 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
381	Учебная аудитория: компьютер преподавателя i3-540-3ГГц, мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
382	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i5-9600KF-3,7ГГц, мониторы ЖК 24" (16 шт.), ТВ панель-флипчарт. Специализированная мебель.
383	<p>Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i7-9700F-3ГГц, мониторы ЖК 27" (16 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.</p> <p>Лабораторное оборудование мобильных приложений и игр: рабочие места - персональные компьютеры на базе Intel i7-9700F, видеоадаптеры nVidia GeForce RTX2070, мониторы ЖК 27" (16 шт.); Системы виртуальной реальности HTC Vive Cosmos (2шт.); Беспроводной маршрутизатор TP-Link Archer C7.</p> <p>Лабораторное оборудование безопасности компьютерных сетей: рабочие места - персональные компьютеры HP-3500-PRO на базе Intel i3-2120, мониторы ЖК 22" (16 шт.), стойка (коммуникационный шкаф), управляемый коммутатор CISCO Catalyst 2950, маршрутизатор CISCO 2811-ISR, аппаратный межсетевой экран CISCO серии ASA-5500. лабораторная виртуальная сеть на базе Linux-KVM/LibVirt, взаимодействующая с перечисленным сетевым оборудованием. Программный анализатор сетевого трафика Wireshark. Программный симулятор Packet Tracer, для создания виртуальных стендов, включающих коммутаторы 2 и 3 уровней, маршрутизаторы, сетевые экраны и СОВ. Учебно-методический комплекс "Безопасность компьютерных сетей" ОАО "ИнфоТеКС".</p>
384	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-2120-3,3ГГц, мониторы ЖК 22" (16 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
385	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-2120-3,3ГГц, мониторы ЖК 19" (16 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель.
387	Учебная аудитория: компьютер преподавателя Core2Duo-E7600-3ГГц, монитор с ЖК 22", мультимедийный проектор, экран. Персональные компьютеры студентов на базе i5-10400-2,9ГГц, мониторы ЖК 27" (11 шт.). Специализированная мебель.

301п	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-2120-3,3ГГц, мониторы ЖК 17" (15 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель. Лабораторное оборудование суперкомпьютерного центра: кластер с пиковой производительностью 40 Tflops. Состав кластера: 10 узлов, каждый имеет два 12-ядерных процессора Intel Xeon E5-2680V3, 128 Гбайт ОЗУ, SSD 256 Гбайт. 7 узлов из 10 содержат по 2 ускорителя Intel Xeon Phi 7120, 3 узла - 2 ускорителя Tesla K80M. Все узлы объединены высокоскоростной сетью InfiniBand 56 Gbps; управляющий узел кластера (также сервером для хранения файлов): два 6-ядерных процессора, 64 Гбайт оперативной памяти и дисковую подсистему объемом 14 Тбайт; сервер для занятий по параллельному программированию: Intel X5650@2.67GHz 12 ядер 24 потоков, ОЗУ 36ГБ, дисковая подсистема объемом 300ГБ.
190а	Лабораторное оборудование медицинской кибернетики: рабочие места - персональные компьютеры на базе Intel i3-2120, мониторы ЖК 19" (3 шт.); электроэнцефалограф Нейрон-спектр-4 (2 шт.); кардиограф Полиспектр-12 (1 шт.); оптические микроскопы Р-1 (2 шт.); 3D-принтер (1 шт.); паяльные станции (2 шт.). Специализированная мебель.
403п	Учебная аудитория: персональные компьютеры на базе i3-2320-3,3ГГц, мониторы ЖК 22" (7 шт.), мультимедийный проектор, экран. Специализированная мебель. Лабораторное оборудование физической лаборатории с комплектом оборудования по квантовой физике: Установка для изучения космических лучей (ФПК-01); установка для определения резонансного потенциала методом Франка и Герца (ФПК-02); установка для определения длины свободного пробега частиц в воздухе (ФПК-03); установка для изучения энергетического спектра электронов (ФПК-05); установка для изучения р-п перехода (ФПК-06); установка для изучения температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников (ФПК-07); установка для изучения эффекта Холла в полупроводниках (ФПК-08); установка для изучения спектра атома водорода (ФПК-09); установка для изучения внешнего фотоэффекта (ФПК-10); установка для изучения абсолютно черного тела (ФПК-11); установка для изучения работы сцинтилляционного счетчика (ФПК-12); установка для изучения и анализа свойств материалов с помощью сцинтилляционного счетчика (ФПК-13).
420	Лабораторное оборудование по электротехнике и электронике: лабораторные стенды: полупроводниковые диоды, фотодиод, биполярный транзистор, полевой транзистор, операционный усилитель, многокаскадовый RC-усилитель, амплитудный модулятор и демодулятор, LC-генератор с индуктивной обратной связью, кварцевый генератор, RC-генератор с фазосдвигающей цепью, мультивибратор, триггер на биполярном транзисторе, основные схемы выпрямителей, универсальные логические элементы ТТЛ, регистр сдвига, счетчик Специализированная мебель.
425	Лабораторное оборудование сетей и систем передачи информации: стойка (коммуникационный шкаф), 3 коммутатора CISCO WS-C2960-24TT-L, 3 маршрутизатора CISCO 2801, 2 WiFi-маршрутизатора Linksys WRT54G. Специализированная мебель.

Адреса (местоположения) помещений

Наименование помещения (номер аудитории)	Адрес (местоположение) помещения
479	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 479
380	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 380
505п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 505
477	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 477
292	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 292
297	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 297
290	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 290
291	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 291
293	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 293
295	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 295
305п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 305
307п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 307
303п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 303
314п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 314
316п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 316
381	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 381
382	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 382
383	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 383
384	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 384
385	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 385
387	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1а, ауд. 387
308пп	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 308
309п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 309
301п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 301
190а	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 190а
403п	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 403
420	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1б, ауд. 420
425	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, корп.1, ауд. 425

Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

Наименование ПО	Производитель ПО (или торговая марка, Или правообладатель) при наличии
ОС Windows v.7, 8, 10	Microsoft (прим. 1)
Платформа электронного обучения LMS-Moodle, основа Образовательного портала «Электронный университет ВГУ»	Moodle Pty Ltd, GNU General Public License
Foxit PDF Reader	корпорация FOXIT SOFTWARE INC., проприетарная бесплатная лицензия

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Элементы теории погрешностей. Элементы машинной арифметики. Численные методы линейной алгебры.	ПК-2	ПК-2.1	Комплект заданий 1-6
2	Численные методы теории приближений.	ПК-5	ПК-5.1	Комплект заданий 1-6
3	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	ПК-5	ПК-5.2	Комплект заданий 1-6
4	Решение нелинейных уравнений и систем	ПК-2	ПК-2.2	Комплект заданий 1-6

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Экзамен

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных

средств: собеседование по экзаменационным билетам

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторные работы

Перечень тем лабораторных работ:

1. Решение нелинейных уравнений и систем.

2. Интерполяция степенными полиномами
3. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона
4. Задача интерполяции
5. Градиентные методы
6. Многокритериальные задачи.

Описание технологии проведения

Обучающиеся выполняют и сдают лабораторные работы, для контроля усвоения теоретического материала используются текстовые задания.

обучающийся в полной мере должен выполнить предлагаемые ему задания лабораторных работ и ответить на теоретические вопросы по сдаваемому материалу.

20.2 Промежуточная аттестация

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой информационных технологий управления

_____ М.Г. Матвеев

__._.2023

Направление подготовки / специальность

09.03.03 Прикладная информатика

Дисциплина Б1.В.03 Методы вычислений в бизнес-приложениях

Форма обучения Очное

Вид контроля Экзамен

Вид аттестации Промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Методы решения нелинейных уравнений. Метод половинного деления, метод хорд, метод Ньютона.
2. Численное дифференцирование. Первая и вторая разностные производные.

Преподаватель _____ А.В. Копытин

Оценка остаточных знаний

ПК-2. Способность составлять технико-экономическое обоснование проектных решений и техническое задание на разработку информационной системы

Период окончания формирования компетенции: __ семестр (см. УП)

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

- Дисциплины (модули): (см. УП)
 - Методы вычислений в бизнес-приложениях (4 семестр);

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Величина $\Delta a := |A - a|$ называется:

- a) погрешность метода
- b) погрешность округления
- c) абсолютная погрешность
- d) относительная погрешность

2. Величина $\delta a := \frac{\Delta a}{|a|}$ называется:

- a) погрешность метода
- b) погрешность округления
- c) абсолютная погрешность
- d) относительная погрешность

3. Погрешность, обусловленная неточностью задания числовых данных, входящих в математическое описание задачи

- a) неустраняемая погрешность
- b) погрешность метода
- c) вычислительная погрешность
- d) результирующая погрешность

4. Погрешность, являющаяся следствием несоответствия математического описания задачи реальной действительности

- a) неустраняемая погрешность
- b) погрешность метода
- c) вычислительная погрешность
- d) результирующая погрешность

5. Погрешность, связанная со способом решения поставленной математической задачи

- a) неустраняемая погрешность
- b) погрешность метода
- c) вычислительная погрешность
- d) результирующая погрешность

6. Погрешность, обусловленная необходимостью выполнения арифметических операций над числами, усеченными до количества разрядов, зависящего от применяемой вычислительной техники

- a) неустраняемая погрешность
- b) погрешность метода
- c) вычислительная погрешность
- d) результирующая погрешность

7. Отделить корень уравнения $\cos(x) = 2x$

- a) [-1;1]
- b) [0;1]
- c) [1;2]
- d) [2;3]

8. Метод, который приводит к решению алгебраических уравнений за конечное число арифметических операций, называется:

- a) итерационный метод
- b) прямой метод**
- c) метод хорд
- d) метод касательных

9. Метод, в котором точное решение может быть получено лишь в результате бесконечного повторения единообразных действий, называется:

- a) итерационный метод**
- b) прямой метод
- c) метод хорд
- d) метод касательных

10. Если функция $f(x)$ представляет собой многочлен, то уравнение $f(x) = 0$ называется:

- a) трансцендентным
- b) алгебраическим**
- c) линейным
- d) комбинированным

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

1. Найти абсолютную погрешность округления с избытком числа 1,8 до целых.

Ответ 0,2

2. Вычислить приближенное значение интеграла $\int_0^5 x dx$ (полагая $n = 5$) по формуле левых прямоугольников.

Ответ 10

3. Если последовательные значения функции, являющейся решением задачи Коши для дифференциального уравнения $y' = f(x, y)$ с начальным условием $y(x_0) = y_0$, находятся по методу Эйлера $y_{k+1} = y_k + hf(x_k, y_k)$, то y_1 , определяемая уравнением, $y' = x + y$ при $y_0 = 1, x_0 = 0$ и шаге $h = 0,1$ равно:

Ответ 1,1

3) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

1. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ x_1 + 5x_2 + 3x_3 = 2, \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 7, \\ x_1 - 6x_2 - 4x_3 = 1. \end{cases}$$

2. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ x_1 + 5x_2 + 3x_3 = 2, \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 7, \\ x_1 - 6x_2 - 4x_3 = 2. \end{cases}$$

3. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ x_1 + 5x_2 + 3x_3 = 2, \\ 2x_1 + 10x_2 + 6x_3 = 4. \end{cases}$$

4. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 - x_3 = 4, \\ x_1 - 3x_2 + 3x_3 = 1, \\ 2x_1 - x_2 + x_3 = 2, \\ -x_1 - 6x_2 + 5x_3 = 0. \end{cases}$$

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 10 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 5 и вычтем первое, четвертое умножим на 10 и тоже вычтем первое. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 6x_2 - 6x_3 = 30, \\ -59x_2 - 41x_3 = 5. \end{cases}$ <p>Теперь надо исключить с помощью второго уравнения из следующих уравнений неизвестное x_2. Для этого надо умножить второе уравнение на 6 и третье на 51 и вычесть второе из третьего. Умножить второе на 59, четвертое – на 51 и сложить два уравнения. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ -380x_3 = 1140. \end{cases}$ <p>Можно исключить x_3 из четвертого уравнения:</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ 0 = 0. \end{cases}$ <p>Получившемуся четвертому уравнению удовлетворяют любые числа. Надо решить первые три уравнения. Их решим обратным ходом метода Гаусса. Из третьего уравнения имеем $x_3 = -3$. Подставляем x_3 во второе уравнение и получим $51x_2 = 102$, $x_2 = 2$. Подставляем значения x_3, x_2 в первое уравнение: $10x_1 = 10$, тогда $x_1 = 1$. Итак, решение системы: $x_1 = 1$, $x_2 = 2$, $x_3 = -3$. Система имеет единственное решение.</p>
2.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 10 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 5 и вычтем первое, четвертое умножим на 10 и тоже вычтем первое. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 6x_2 - 6x_3 = 30, \\ -59x_2 - 41x_3 = 15. \end{cases}$ <p>Теперь надо исключить с помощью второго уравнения из следующих уравнений неизвестное x_2. Для этого надо умножить второе уравнение на 6 и третье на 51 и вычесть второе из третьего. Умножить второе на 59, четвертое – на 51 и сложить два уравнения. Получим</p>

	$\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ -380x_3 = 1650. \end{cases}$ <p>Можно исключить x_3 из четвертого уравнения:</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ 0 = 244800. \end{cases}$ <p>Как видим, последнее уравнение не имеет решений. Значит, система не имеет решений.</p>
3.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 10 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 5 и вычтем первое, четвертое умножим на 10 и тоже вычтем первое. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15. \end{cases}$ <p>Вычтем из третьего уравнения второе. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 0 = 0. \end{cases}$ <p>Уравнение имеет бесконечно много решений. Можно за x_3 взять любое число: $x_3 = \alpha$. Тогда $x_2 = \frac{15 - 29\alpha}{51}$, $x_1 = \frac{27 - 8\alpha}{51}$.</p>
4.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 4 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 2 и вычтем первое, четвертое умножим на 4 и прибавим первое. Получим</p> $\begin{cases} 4x_1 + x_2 - x_3 = 4, \\ -13x_2 + 13x_3 = 0, \\ -3x_2 + 3x_3 = 0, \\ -23x_2 + 19x_3 = 4. \end{cases}$ <p>Из второго и третьего уравнений выразим x_2 через x_3: $x_2 = x_3$ и подставим в четвертое уравнение. Получим $-4x_3 = 4$, откуда $x_3 = -1$. Из первого уравнения находим $x_1 = 1$. Итак, решение системы: $x_1 = 1$, $x_2 = -1$, $x_3 = -1$. Система имеет единственное решение.</p>

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Имеется верная последовательность всех этапов решения, обоснованно получен верный ответ.	3 балла
Получен неверный ответ из-за вычислительной ошибки, при этом имеется верная последовательность всех этапов решения.	2 балла
Получен верный ответ, однако имеются пропуски одного или двух этапов решения.	1 балл
Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	0 баллов

ПК-5. Способность моделировать прикладные процессы и предметную область

Период окончания формирования компетенции: __ семестр (см. УП)

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

- Дисциплины (модули): (см УП)
 - Методы вычислений в бизнес-приложениях (4 семестр);

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Величина $\Delta a := |A - a|$ называется:

- a) погрешность метода
- b) погрешность округления
- c) абсолютная погрешность**
- d) относительная погрешность

2. Величина $\delta a := \frac{\Delta a}{|a|}$ называется:

- a) погрешность метода
- b) погрешность округления
- c) абсолютная погрешность
- d) относительная погрешность**

3. Погрешность, обусловленная неточностью задания числовых данных, входящих в математическое описание задачи

- a) неустранимая погрешность**
- b) погрешность метода
- c) вычислительная погрешность
- d) результирующая погрешность

4. Погрешность, являющаяся следствием несоответствия математического описания задачи реальной действительности

- a) неустранимая погрешность**
- b) погрешность метода
- c) вычислительная погрешность
- d) результирующая погрешность

5. Погрешность, связанная со способом решения поставленной математической задачи

- a) неустранимая погрешность
- b) погрешность метода**
- c) вычислительная погрешность
- d) результирующая погрешность

6. Погрешность, обусловленная необходимостью выполнения арифметических операций над числами, усеченными до количества разрядов, зависящего от применяемой вычислительной техники

- a) неустранимая погрешность
- b) погрешность метода
- c) вычислительная погрешность**
- d) результирующая погрешность

7. Отделить корень уравнения $\cos(x) = 2x$

- a) [-1;1]
- b) [0;1]**
- c) [1;2]
- d) [2;3]

8. Метод, который приводит к решению алгебраических уравнений за конечное число арифметических операций, называется:

- a) итерационный метод
- b) прямой метод**

- c) метод хорд
- d) метод касательных

9. Метод, в котором точное решение может быть получено лишь в результате бесконечного повторения единообразных действий, называется:

- a) итерационный метод
- b) прямой метод
- c) метод хорд
- d) метод касательных

10. Если функция $f(x)$ представляет собой многочлен, то уравнение $f(x) = 0$ называется:

- a) трансцендентным
- b) алгебраическим
- c) линейным
- d) комбинированным

2). открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

1. Найти абсолютную погрешность округления с избытком числа 1,8 до целых.

Ответ 0,2

2. Вычислить приближенное значение интеграла $\int_0^5 x dx$ (полагая $n = 5$) по формуле левых прямоугольников.

Ответ 10

3. Если последовательные значения функции, являющейся решением задачи Коши для дифференциального уравнения $y' = f(x, y)$ с начальным условием $y(x_0) = y_0$, находятся по методу Эйлера $y_{k+1} = y_k + hf(x_k, y_k)$,

то y_1 , определяемая уравнением, $y' = x + y$ при $y_0 = 1, x_0 = 0$ и шаге $h = 0,1$ равно:

Ответ 1,1

3) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

1. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ x_1 + 5x_2 + 3x_3 = 2, \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 7, \\ x_1 - 6x_2 - 4x_3 = 1. \end{cases}$$

2. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ x_1 + 5x_2 + 3x_3 = 2, \\ 2x_1 + x_2 - x_3 = 7, \\ x_1 - 6x_2 - 4x_3 = 2. \end{cases}$$

3. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ x_1 + 5x_2 + 3x_3 = 2, \\ 2x_1 + 10x_2 + 6x_3 = 4. \end{cases}$$

4. Исследовать методом Гаусса систему:

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 - x_3 = 4, \\ x_1 - 3x_2 + 3x_3 = 1, \\ 2x_1 - x_2 + x_3 = 2, \\ -x_1 - 6x_2 + 5x_3 = 0. \end{cases}$$

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
---------------	-------

1.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 10 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 5 и вычтем первое, четвертое умножим на 10 и тоже вычтем первое. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 6x_2 - 6x_3 = 30, \\ -59x_2 - 41x_3 = 5. \end{cases}$ <p>Теперь надо исключить с помощью второго уравнения из следующих уравнений неизвестное x_2. Для этого надо умножить второе уравнение на 6 и третье на 51 и вычтеть второе из третьего. Умножить второе на 59, четвертое – на 51 и сложить два уравнения. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ -380x_3 = 1140. \end{cases}$ <p>Можно исключить x_3 из четвертого уравнения:</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ 0 = 0. \end{cases}$ <p>Получившемуся четвертому уравнению удовлетворяют любые числа. Надо решить первые три уравнения. Их решим обратным ходом метода Гаусса. Из третьего уравнения имеем $x_3 = -3$. Подставляем x_3 во второе уравнение и получим $51x_2 = 102$, $x_2 = 2$. Подставляем значения x_3, x_2 в первое уравнение: $10x_1 = 10$, тогда $x_1 = 1$. Итак, решение системы: $x_1 = 1$, $x_2 = 2$, $x_3 = -3$. Система имеет единственное решение.</p>
2.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 10 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 5 и вычтем первое, четвертое умножим на 10 и тоже вычтем первое. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 6x_2 - 6x_3 = 30, \\ -59x_2 - 41x_3 = 15. \end{cases}$ <p>Теперь надо исключить с помощью второго уравнения из следующих уравнений неизвестное x_2. Для этого надо умножить второе уравнение на 6 и третье на 51 и вычтеть второе из третьего. Умножить второе на 59, четвертое – на 51 и сложить два уравнения. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ -380x_3 = 1650. \end{cases}$ <p>Можно исключить x_3 из четвертого уравнения:</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ -480x_3 = 1440, \\ 0 = 244800. \end{cases}$

	Как видим, последнее уравнение не имеет решений. Значит, система не имеет решений.
3.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 10 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 5 и вычтем первое, четвертое умножим на 10 и тоже вычтем первое. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15. \end{cases}$ <p>Вычтем из третьего уравнения второе. Получим</p> $\begin{cases} 10x_1 - x_2 + x_3 = 5, \\ 51x_2 + 29x_3 = 15, \\ 0 = 0. \end{cases}$ <p>Уравнение имеет бесконечно много решений. Можно за x_3 взять любое число: $x_3 = \alpha$. Тогда $x_2 = \frac{15 - 29\alpha}{51}$, $x_1 = \frac{27 - 8\alpha}{51}$.</p>
4.	<p>Исключим неизвестные для получения треугольного вида. Умножим второе уравнение на 4 и вычтем из него первое уравнение. Третье уравнение умножим на 2 и вычтем первое, четвертое умножим на 4 и прибавим первое. Получим</p> $\begin{cases} 4x_1 + x_2 - x_3 = 4, \\ -13x_2 + 13x_3 = 0, \\ -3x_2 + 3x_3 = 0, \\ -23x_2 + 19x_3 = 4. \end{cases}$ <p>Из второго и третьего уравнений выразим x_2 через x_3: $x_2 = x_3$ и подставим в четвертое уравнение. Получим $-4x_3 = 4$, откуда $x_3 = -1$. Из первого уравнения находим $x_1 = 1$. Итак, решение системы: $x_1 = 1$, $x_2 = -1$, $x_3 = -1$. Система имеет единственное решение.</p>

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Имеется верная последовательность всех этапов решения, обоснованно получен верный ответ.	3 балла
Получен неверный ответ из-за вычислительной ошибки, при этом имеется верная последовательность всех этапов решения.	2 балла
Получен верный ответ, однако имеются пропуски одного или двух этапов решения.	1 балл
Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	0 баллов