

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)

Северодонецкий технологический институт
Кафедра информационных технологий, приборостроения и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись) _____ 2024 года
«20» _____



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические задачи электроэнергетики»

По направлению подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электроснабжение

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Математические задачи электроэнергетики» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электроснабжение») – 38 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Математические задачи электроэнергетики» разработана в соответствии федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации № 1456 от 26.11.2020 г., № 83 от 08.02.2021 г., № 662 от 19.07.2022 г. и № 208 от 27.02.2023 г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент Чебан В.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий, приборостроения и электротехники « 05 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой ИТПЭ  В.Г. Чебан

Переутверждена: « ____ » _____ 20 ____ г., протокол № ____.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» « 16 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»



Ю.В. Бородач

© Чебан В.Г., 2024 г.

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» СТИ (филиал), 2024 г.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

1.1. Целью преподавания учебной дисциплины является: изучение студентами матрично-топологических методов анализа электрических систем; предоставить студентам информацию о методах Ньютона и градиентные методы для решения уравнений, методы решения на ПЭВМ в пакете MathCad систем линейных и нелинейных уравнений, методы минимизации и оптимизации по электроэнергетике; закрепить предоставленную информацию на практических занятиях курса.

1.2. Основными задачами данной дисциплины является изучение студентами:

- матрично-топологических методов анализа электрических систем;
- методов расчета установившихся режимов электрических систем методами независимых и узловых напряжений с применением современных компьютерных технологий;
- методов разрешения на ПЭВМ в пакете MathCad систем линейных и нелинейных уравнений;
- методов минимизации и оптимизации;

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина «*Математические задачи в электроэнергетике*» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

- знания законов Ома и Киргофа в матрично-векторной форме записи;
- знания действий с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцировки, свойств матриц, их использование для записи систем уравнений;
- знание действий с матрицами на ПЭВМ;
- знание схем замещения элементов электрических станций и систем;
 - знание методов аппроксимации нелинейных функций аналитическими зависимостями, степенными полиномами, сплайнами.

Дисциплина «*Математические задачи в электроэнергетике*» относится к циклу профессиональных дисциплин и является обязательной при освоении ОПОП по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Информатика», «Теоретические основы электротехники», «Общая энергетика» и служит основой для освоения дисциплин «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах», «Алгоритмизация и программное обеспечение в электроэнергетике».

Дисциплина «Математические задачи в электроэнергетике» является необходимой для освоения профессиональных компетенций по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», а также, самостоятельного написания выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
<p>ПК1 - Способен применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов объектов профессиональной деятельности;</p>	<p>ПК-1.1. Знать: методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа</p> <p>ПК-1.2. Уметь: использовать современные инструменты управления разработкой программного обеспечения.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - законы Ома и Киргофа в матрично-векторной форме записи. - действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцировки. Свойства матриц, их использование для записи систем уравнений; - Свойства матриц, их использование для записи систем уравнений; - действия с матрицами на ПЭВМ; - схемы замещения элементов электрических станций и систем; - методы аппроксимации нелинейных функций аналитическими зависимостями, степенными полиномами, сплайнами. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнять действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцирование; - рассчитывать устоявшиеся режимы электрических систем методами независимых и узловых потенциалов, независимых и контурных токов с применением современных компьютерных технологий; - решать на ПЭВМ в пакете MathCad системы линейных и нелинейных уравнений; - использовать методы аппроксимации нелинейных функций аналитическими зависимостями, степенными полиномами, сплайнами. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками расчета параметров электроэнергетических объектов; - навыками использования средств автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108 (3 зач. ед)	108 (3 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	51	12
в том числе:		
Лекции	34	6
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	17	6
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Семестр	5-й	7-й
Самостоятельная работа студента (всего)	57	96
Итоговая аттестация	Экзамен	Экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение. Действия с матрицами. Цель и задачи курса, его связь с другими дисциплинами. Действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцировки. Свойства матриц. Их использование для записи систем уравнений. Действия с матрицами на ПЭВМ.

Тема 2. Схемы замещения элементов электрических станций и систем. Схемы замещения генераторов, трансформаторов, линий электропередачи, линейных и нелинейных электрических нагрузок.

Тема 3. Матрично-топологические методы анализа электрических систем. Графы и подграфы электрических схем. Узлы и ребра графа, хорды и дерево графа.

Тема 4. Матрицы соединений, контуров и сечений. Методы построения матриц соединений, контуров и связей. Аналитические зависимости между ними. Законы Ома и Киргофа в матрично-векторной форме записи.

Тема 5. Расчет установившихся режимов электрических систем. Расчет установившихся режимов электрических систем методами независимых и узловых напряжений, независимых и контурных токов.

Тема 6. Формализованные топологические методы. Формирование исходных уравнений различными методами.

Тема 7. Методы Ньютона и градиентные для решения уравнений. Методы решения на ПЭВМ в пакете MathCad систем линейных и нелинейных уравнений. Методы минимизации и оптимизации.

Тема 8. Расчет переходных процессов в электрических системах методами узловых напряжений и контурных токов. Рассчитать переходные процессы в электрических системах методами узловых напряжений и контурных токов. Законы Ома и Киргофа в дифференциальной форме.

Тема 9. Формализованные топологические методы формирования исходных систем уравнений для анализа переходных процессов. Рассмотрены формализованные топологические методы формирования исходных систем уравнений для анализа переходных процессов.

Тема 10. Численные методы решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Эйлера, Эйлера-Коши, Рунге-Кутта. Рассмотрены численные методы решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Эйлера, Эйлера-Коши, Рунге-Кутта.

Тема 11. Программы и их реализации на ПЭВМ для решения электротехнических задач. Рассмотрены программы и их реализация на ПЭВМ для решения электротехнических задач.

Тема 12. Явные и неявные методы решения дифференциальных уравнений. Их преимущества и недостатки. Рассмотрены явные и неявные методы решения дифференциальных уравнений, их преимущества и недостатки.

Тема 13. Математическая модель трансформатора. Математическая модель трансформатора для анализа стационарных и переходных режимов работы. Расчет параметров схем замещения. Модели трехфазных трехобмоточных трансформаторов.

Тема 14. Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети. Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети с помощью дифференциальных уравнений. Получение мгновенных значений параметров режима. Использование методов контурных токов и узловых напряжений.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Действия с матрицами	4	2
2	Схемы замещения элементов электрических станций и систем	2	
3	Матрично-топологические методы анализа электрических систем	4	
4	Матрицы соединений, контуров и сечений	2	
5	Расчет установившихся режимов электрических систем	2	2

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
6	Формализованные топологические методы	2	
7	Методы Ньютона и градиентные для решения уравнений	2	
8	Расчет переходных процессов в электрических системах методами узловых напряжений и контурных токов	2	2
9	Формализованные топологические методы формирования исходных систем уравнений для анализа переходных процессов	2	
10	Численные методы решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Эйлера, Эйлера-Коши, Рунге-Кутта.	4	
11	Программы и их реализации на ПЭВМ для решения электротехнических задач	2	
12	Явные и неявные методы решения дифференциальных уравнений	2	
13	Математическая модель трансформатора	2	
14	Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети	2	
Итого:		34	6

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчет параметров элементов схемы замещения электрической системы	2	2
2	Расчет электрической схемы методом узловых потенциалов с непосредственным формированием матрицы узловых проводимостей	2	
3	Расчет электрической схемы методом узловых потенциалов с расчетом матрицы узловых проводимостей	2	
4	Расчет электрической схемы методом узловых потенциалов с автоматизацией формирования матрицы узловых проводимостей	2	
5	Построение нелинейных зависимостей сопротивлений нагрузки от напряжений	2	
6	Расчет электрической схемы методом узловых потенциалов с нелинейными сопротивлениями ветвей нагрузок.	2	

7	Расчет электрической схемы методом контурных токов с нелинейными сопротивлениями ветвей нагрузок.	2	
8	Расчет электрической схемы на основе законов Ома и Киргофа	2	2
9	Расчет электрической схемы с компенсацией реактивной мощности	1	2
Итого:		17	6

4.5. Лабораторные работы (нет)

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1. Построение схемы замещения и графа электрической сети	5	10
2	Тема 2. Расчет параметров элементов схемы замещения	5	10
3	Тема 3. Расчет стационарного режима заданной энергосистемы на основе матричных уравнений методом узловых напряжений в линейном варианте (сопротивления всех нагрузок принимается постоянными)	5	10
4	Тема 4. Расчет стационарного режима заданной энергосистемы на основе матричных уравнений методом узловых напряжений в нелинейном варианте	5	10
5	Тема 5. Расчет стационарного режима заданной энергосистемы на основе матричных уравнений методом контурных токов без учета нелинейных нагрузок	5	10
6	Тема 6. Расчет стационарного режима заданной энергосистемы на основе матричных уравнений методом контурных токов с учетом нелинейных нагрузок	5	10
7	Тема 7. Метод и программа расчета токов и напряжений в схеме на основе уравнений законов Ома и Кирхгофа в матричной форме	6	9
8	Тема 8. Выбор емкостей для компенсации реактивной мощности нагрузок и оценка экономической эффективности этого метода	7	9
9	Тема 9. Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети по дифференциальным уравнениям методом контурных токов	7	9
10	Тема 10. Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети по дифференциальным уравнениям методом узловых напряжений	7	9
Итого:		57	96

4.7. Курсовые работы/проекты (нет).

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– использование электронных образовательных ресурсов (презентационные материалы, электронные конспект лекций, методические указания к лабораторным работам, методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям;

– технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;

– технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие, а именно, на каждом практическом занятии решаются задачи. Кроме этого, каждый студент получает свое индивидуальное задание на практическом занятии, что позволяет мотивировать каждого студента на активную работу.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Лыкин А.В. *Математическое моделирование* электрических систем и их элементов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778222625.html>

б) дополнительная литература:

2. Дуев С.И., Решение задач математического моделирования в системе MathCAD: учебное пособие / Дуев С. И. - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 128 с. - ISBN 978-5-7882-2251-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222516.html>

в) методические указания

1. Сивокобыленко В.Ф.. Конспект лекций по курсу «Математические задачи электроэнергетики», Луганск, СЧУ им В. Даля, 2014г. – 120 стр.

2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Математические задачи электроэнергетики" / Сост . И.А.Захарчук - Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. - 33 с

3. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине "Математические задачи электроэнергетики"/ Сост . И .А. Захарчук, - Луганск: Изд-во ЛНУ; 2017. - 26 с.

г) электронные издания

1. http://www.studmed.ru/sivokobylenko-vf-matematicheskoe-modelirovanie-v-elektrotehnike-i-energetike_7c0d4aab1d8.html. Сивокобыленко В.Ф. Математическое моделирование в электротехнике и энергетике. Донецк: РВА ДонНТУ, 2005, 306 с.

2. <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/levitsky/index.asp> Методические указания к практическим занятиям «Математические задачи электроэнергетики» для студентов специальности 090601 «Электрические станции» / Автор: В.Ф. Сивокобыленко, Донецк, ДонНТУ, 2004. – 54 стр

д) интернет-ресурсы:

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/sys/>

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

1. Периодические издания Журнал «Энергетик». // [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.energetik.energy-journals.ru/index.php>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер).

Практические занятия: компьютерный класс (ауд. 109, 1 корп.)

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет для проведения практических занятий.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Математические задачи в электроэнергетике»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК1 - Способен применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов объектов профессиональной деятельности;	Пороговый	Знать: <ul style="list-style-type: none"> - законы Ома и Киргофа в матрично-векторной форме записи. - действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцировки. Свойства матриц, их использование для записи систем уравнений; - Свойства матриц, их использование для записи систем уравнений; - действия с матрицами на ПЭВМ; - схемы замещения элементов электрических станций и систем; - методы аппроксимации нелинейных функций аналитическими зависимостями, степенны
		Базовый	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> - выполнять действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцирование; - рассчитывать устоявшиеся режимы электрических систем методами независимых и узловых потенциалов, независимых и контурных токов с применением современных компьютерных технологий; - решать на ПЭВМ в пакете MathCad системы линейных и нелинейных уравнений; - использовать методы аппроксимации нелинейных функций аналитическими зависимостями, степенными полиномами, сплайнами.
		Высокий	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> - навыками расчета параметров электроэнергетических объектов; - навыками использования средств автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства.
Основной			
Заключительный			

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения) очно/заочно
1	ПК1	Способен применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов объектов профессиональной деятельности;	<p>ПК-1.1. Знать методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа</p> <p>ПК-1.2. Уметь использовать современные инструменты управления разработкой программного обеспечения.</p> <p>ПК-1.3. Владеть современными инструментами для разработки программного обеспечения</p>	<p>Тема 1. Введение. Действия с матрицами</p> <p>Тема 2. Схемы замещения элементов электрических станций и систем</p> <p>Тема 3. Матрично-топологические методы анализа электрических систем</p> <p>Тема 4. Матрицы соединений, контуров и сечений</p> <p>Тема 5. Расчет установившихся режимов электрических систем</p> <p>Тема 6. Формализованные топологические методы</p> <p>Тема 7. Методы Ньютона и градиентные для решения уравнений</p> <p>Тема 8. Расчет переходных процессов в электрических системах методами узловых напряжений и контурных токов</p> <p>Тема 9. Формализованные топологические методы формирования исходных систем уравнений для анализа переходных процессов</p> <p>Тема 10. Численные методы решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Эйлера, Эйлера-Коши, Рунге-Кутта.</p> <p>Тема 11. Программы и их реализации на ПЭВМ для решения электротехнических задач</p> <p>Тема 12. Явные и неявные методы решения дифференциальных уравнений</p> <p>Тема 13. Математическая модель трансформатора</p> <p>Тема 14. Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети</p>	<p>5/7</p>

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1 Способен применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов объектов профессиональной деятельности	ПК-1.1. Знать: методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - законы Ома и Киргофа в матрично-векторной форме записи. - действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцировки. Свойства матриц, их использование для записи систем уравнений; - Свойства матриц, их использование для записи систем уравнений; - действия с матрицами на ПЭВМ; - схемы замещения элементов электрических станций и систем; - методы аппроксимации нелинейных функций аналитическими зависимостями, степенными полиномами, сплайнами. 	<p>Тема 1. Введение. Действия с матрицами.</p> <p>Тема 2. Схемы замещения элементов электрических станций и систем</p> <p>Тема 3. Матрично-топологические методы анализа электрических систем.</p> <p>Тема 4. Матрицы соединений, контуров и сечений.</p> <p>Тема 5. Расчет установившихся режимов электрических систем.</p> <p>Тема 6. Формализованные топологические методы.</p> <p>Тема 7. Методы Ньютона и градиентные для решения уравнений.</p> <p>Тема 8. Расчет переходных процессов в электрических системах методами узловых напряжений и контурных токов</p>	Тесты к практическим занятиям, вопросы к экзамену

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
		ПК-1.2. Уметь: использовать современные инструменты управления разработкой программного обеспечения	Уметь: - выполнять действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцирование; - рассчитывать установившиеся режимы электрических систем методами независимых и узловых потенциалов, независимых и контурных токов с применением современных компьютерных технологий; - решать на ПЭВМ в пакете MathCad системы линейных и нелинейных уравнений; - использовать методы аппроксимации нелинейных функций аналитическими зависимостями, степенными полиномами, сплайнами.	Тема 9. Формализованные топологические методы формирования исходных систем уравнений для анализа переходных процессов. Тема 10. Численные методы решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Эйлера, Эйлера-Коши, Рунге-Кутта. Тема 11. Программы и их реализации на ПЭВМ для решения электро-технических задач.	Тесты к практическим занятиям, вопросы к экзамену
		ПК-1.3. Владеть: современными инструментами для разработки программного обеспечения.	Владеть: - навыками расчета параметров электроэнергетических объектов; - навыками использования средств автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства.	Тема 12. Явные и неявные методы решения дифференциальных уравнений Тема 13. Математическая модель трансформатора. Тема 14. Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети	Тесты к практическим занятиям, вопросы к экзамену

Фонды оценочных средств по дисциплине «Математические задачи в электроэнергетике»

Вопросы на собеседование к практическим занятиям:

1. Как в схемы замещения вводятся активные и пассивные элементы?
2. Как выбирается балансирующий узел?
3. Параметры каких элементов схемы замещения приводятся к напряжению сети?
4. Как выбираются направления токов ветвей?
5. Чем отличаются собственная и взаимная проводимости схемы?
6. Как выполняется решение системы линейных алгебраических уравнений?
7. Как формируется вектор задающих токов?
8. Как создаются и изменяются матрицы и векторы в MathCad?
9. Как проверить правильность обращения матрицы?
 10. Какой размер имеет матрица узловых проводимостей?
 11. Как выполняется транспонирование матрицы?
 12. Как рассчитывается вектор задающих токов?
 13. Как создаются и меняются матрицы и векторы в MathCad?
 14. Как формируется матрица узловых проводимостей?
 15. Как получить напряжения ветвей из узловых напряжений?
16. Как найти токи ветвей?
17. Какой размер имеют матрицы связей и узловых проводимостей, векторов напряжений и токов?
18. Как работает функция пользователя Form_P?
19. Какие значения заносятся в ячейки матрицы, которые программно не адресуются?
20. Как создаются и меняются матрицы и векторы в MathCad?
21. Как формируется матрица узловых проводимостей?
22. Как получить напряжения ветвей с узловых напряжений?
23. Как найти токи ветвей?
24. Как построены функции пользователей для расчета нелинейных зависимостей сопротивлений нагрузок от напряжений и токов?
25. Как строятся на декартовом графике зависимости сопротивлений нагрузок от напряжений и токов?

26. Как выполняется преобразование зависимости сопротивлений от тока в зависимости от напряжения?
27. Какой метод применяется при преобразовании зависимости сопротивлений от тока в зависимости от напряжения?
28. Как получить значения сопротивлений при номинальных значениях напряжения (тока)?
29. Как на декартовом графике построить номинальные значения сопротивлений?
30. Объясните алгоритм решения на схеме с нелинейными зависимостями сопротивлений от напрягп?
31. Какой метод принять для решения системы нелинейных алгебраических уравнений?
32. Как выбираются начальные приближения узлов?
33. Что является критерием окончания итеративного расчета?
34. Чем обусловлено расхождение в узловых напряжениях в линейном и нелинейном вариантах расчета схемы?
35. Какие коррективы должны быть внесены в текст функции FU?
36. Объясните алгоритм решения на схеме методом контурных токов.
37. Как учитываются нелинейные сопротивления нагрузок?
38. Как формируется матрица контурных сопротивлений в машинном и безмашинном вариантах?
39. Как формируется матрица контурных ЭДС в машинном и безмашинном вариантах?
40. Чем отличается расчет метода контурных токов в линейном и нелинейном вариантах?
41. Чем отличаются методы перевода зависимости первого сопротивления нагрузки от напряжения в зависимость от тока?
42. Каким образом найти автоматически созданные контуры в расчетной схеме?
43. Объясните алгоритм решения на схемах методом законов Ома и Кирхгофа.
44. Как формируется исходная матрица в машинном и безмашинном вариантах?
45. Каким образом найти автоматически созданные контуры в расчетной схеме?
46. Объяснить алгоритм решения схемы с компенсацией реактивной мощности.

47. Условие компенсации реактивной мощности?
48. В чем эффективность компенсации реактивной мощности?
49. Что является решением дифференциального уравнения или системы?
50. От чего зависит погрешность расчета дифференциального уравнения?
51. Какой порядок имеет явный метод Эйлера?
52. Как находится шаг расчета и время переходного процесса?
53. Как найти величины интегрированных переменных в установившемся режиме работы схемы?
54. Как выполняется преобразование системы дифференциальных уравнений к нормальной форме Коши?
55. Как выполнить оценку переходного процесса по значению корней характеристического уравнения?
56. Какими путями может быть выполнено решение системы дифференциальных уравнений в MathCad?
57. Объяснить законы коммутации в отношении к решаемой схеме.
58. От чего зависит погрешность расчета дифференциального уравнения?
59. Какой порядок имеет неявный метод Эйлера?
60. Как выполнить оценку переходного процесса по значению корней характеристического уравнения?
61. Какими путями может быть выполнено решение системы дифференциальных уравнений в MathCad?
62. Объяснить законы коммутации в отношении к решаемой схеме.
63. Чем отличаются явный и неявный методы расчета?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству "Собеседование"

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Собеседование выполнено на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Собеседование выполнено на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Собеседование выполнено на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Собеседование выполнено на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Практические задания для практических занятий

1. РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

Задание. Решить с помощью Mathcad систему линейных уравнений методом Крамера, методом обратной матрицы и с помощью встроенной функции Isolve, а затем сравнить ответы.

$$1. \begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 20 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 18 \\ 3x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 = 19 \end{cases} \quad 2. \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 4 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 9 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 12 \end{cases} \quad 3. \begin{cases} 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = -2 \\ 4x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = -1 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 0 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = -3 \end{cases}$$

$$4. \begin{cases} 4x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 16 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 5 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 5 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \end{cases} \quad 5. \begin{cases} x_1 - 3x_2 + x_3 + x_4 = -2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 0 \\ 4x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 4 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 3 \end{cases} \quad 6. \begin{cases} x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 23 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 12 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 19 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 - 2x_4 = 7 \end{cases}$$

$$7. \begin{cases} 3x_1 + x_2 + 2x_3 - 2x_4 = -5 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = -2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = -1 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 8 \end{cases} \quad 8. \begin{cases} 5x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 28 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 12 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 17 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 19 \end{cases} \quad 9. \begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 1 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 5 \\ 5x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 11 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 6 \end{cases}$$

$$10. \begin{cases} 3x_1 - x_2 + 3x_3 - x_4 = -2 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 3 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 3 \end{cases} \quad 11. \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 4 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 9 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 12 \end{cases} \quad 12. \begin{cases} 4x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 16 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 5 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 5 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \end{cases}$$

$$13. \begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 20 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 18 \\ 3x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 = 19 \end{cases} \quad 14. \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 4 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 9 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 12 \end{cases} \quad 15. \begin{cases} 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = -2 \\ 4x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = -1 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 0 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = -3 \end{cases}$$

$$16. \begin{cases} x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 23 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 12 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 19 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 - 2x_4 = 7 \end{cases} \quad 17. \begin{cases} 3x_1 + x_2 + 2x_3 - 2x_4 = -5 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = -2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = -1 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 8 \end{cases} \quad 18. \begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 1 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 5 \\ 5x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 11 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 6 \end{cases}$$

$$19. \begin{cases} 3x_1 + x_2 + 2x_3 - 2x_4 = -5 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = -2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = -1 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 8 \end{cases}$$

$$20. \begin{cases} 5x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 28 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 12 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 17 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 19 \end{cases}$$

$$21. \begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 1 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 5 \\ 5x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 11 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 6 \end{cases}$$

$$22. \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 4 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 9 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 12 \end{cases}$$

$$23. \begin{cases} 3x_1 + x_2 + 2x_3 - 2x_4 = -5 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = -2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = -1 \\ x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 8 \end{cases}$$

$$24. \begin{cases} x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 23 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 12 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 19 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 - 2x_4 = 7 \end{cases}$$

$$25. \begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 20 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 18 \\ 3x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 = 19 \end{cases}$$

$$26. \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 4 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 9 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 12 \end{cases}$$

$$27. \begin{cases} 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = -2 \\ 4x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = -1 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 0 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = -3 \end{cases}$$

$$28. \begin{cases} 3x_1 - x_2 + 3x_3 - x_4 = -2 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 2 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 3 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 3 \end{cases}$$

$$29. \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 4 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 9 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 12 \end{cases}$$

$$30. \begin{cases} 4x_1 - x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 16 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 5 \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4 = 5 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \end{cases}$$

2. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

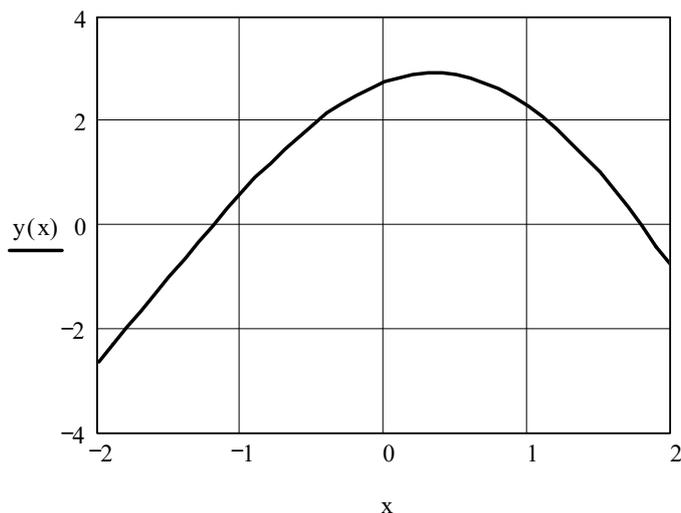
Пусть дано уравнение $y = y(x)$. Необходимо найти его корни с точностью ε .

Сначала необходимо определить количество корней имеющихся у уравнения и найти для каждого корня границы (отделить корни). Это мы будем делать графическим методом. Строим с помощью Mathcad график функции и визуально определяем число корней и границы в которых они находятся (получаем $[a_i, b_i]$ $i = 1..n$).

Например,

$$x := -2, -1.9..2$$

$$y(x) := 2 \cdot \sin\left(x + \frac{\pi}{3}\right) - 0.5 \cdot x^2 + 1$$



$$x_1 \in [-1.3, -1] \quad x_2 \in [1.5, 2]$$

А затем уточняем каждый корень одним из приведённых ниже методов.

Метод дихотомии

Программа реализующая метод дихотомии будет иметь следующий вид:

$$f(z1, z2) := \begin{cases} a \leftarrow z1 \\ b \leftarrow z2 \\ \text{while } |a - b| > 0.0001 \\ \quad \left| \begin{array}{l} a \leftarrow \frac{a+b}{2} \text{ if } y(a) \cdot y\left(\frac{a+b}{2}\right) \geq 0 \\ b \leftarrow \frac{a+b}{2} \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ \text{return } \frac{a+b}{2} \end{cases}$$

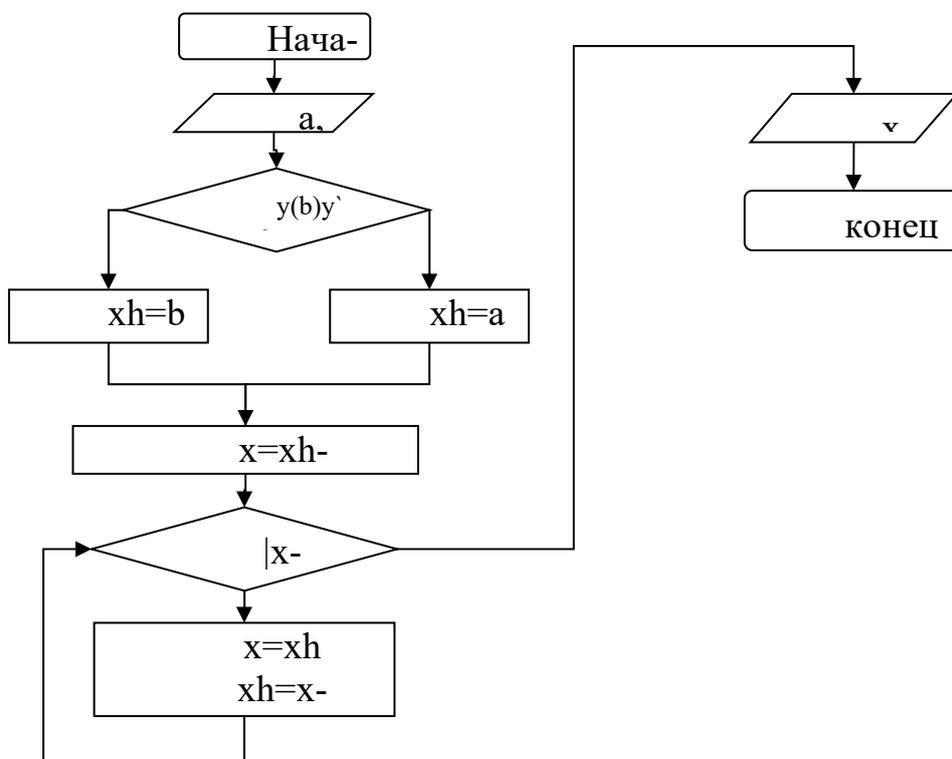
$$f(-1.3, -1) = -1.1923$$

$$f(1.5, 2) = 1.7893$$

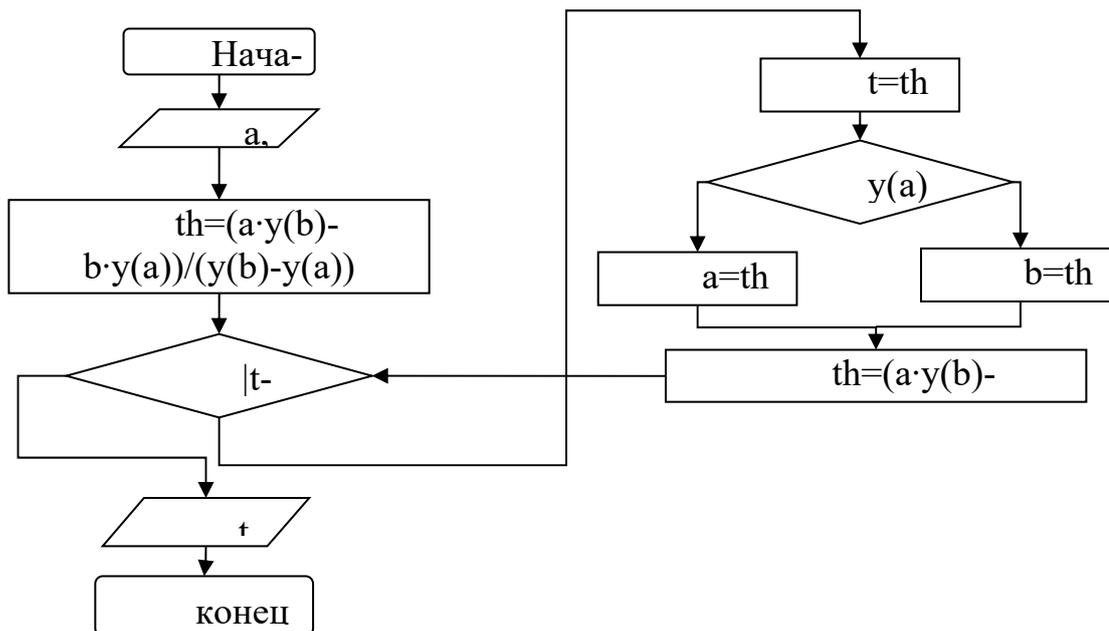
Метод Ньютона (метод касательных)

Для реализации метода Ньютона потребуется первая и вторая производные $y'(x)$ и y'' .

Приведем блок-схему для этого метода



Метод касательных (Метод пропорциональных отрезков)
Приведем блок-схему для этого метода



Задание. Написать программу в Mathcad численно решающую нелинейное уравнение определённым в задании методом и сравнить ответ с результатами полученными с помощью встроенной функции root.

1. $2\sin(x + \frac{\pi}{3}) - 0.5x^2 + 1 = 0$

2. $\cos(x + 0.3) - x^2 = 0$

3. $\operatorname{tg}^3 x - x + 1 = 0$

4. $2\operatorname{arctg}(x) - x + 3 = 0$

5. $(x + 3)\cos x - 1 = 0$

6. $\operatorname{tg}(0.58x + 0.1) - x^2 = 0$

7. $\ln x - \frac{7}{2x + 6} = 0$

8. $\frac{1}{\operatorname{tg}(1.05x)} - x^2 = 0$

9. $2\ln x - x/2 + 1 = 0$

10. $\ln x - 1/x^2 = 0$

11. $4.3\sin 4x - 3.5x = 0$

12. $2^x - 2^{x-2} - 1 = 0$

13. $\cos(15.6x) + 0.5 = 0$

14. $0.5^x + 1 - (x - 2)^2 = 0$

15. $3^{x-1} - 2 - x = 0$

16. $x^2 \cos 2x + 1 = 0$

17. $x^2 - 2^{x-1} = 0$

18. $5\sin x - x = 0$

19. $\operatorname{arctg}(x - 1) + 2x = 0$

20. $(x - 2)^2 - 2^x = 0$

21. $x^2 - 20\sin x = 0$

22. $2e^x - 5x - 2 = 0$

23. $\cos(x + 0.5) - x^3 = 0$

24. $2\operatorname{arctg}x - 1/2x^3 = 0$

25. $e^{-x} + x^2 - 2 = 0$

26. $3^{x-1} - 1 - x = 0$

27. $2^x - 2^{x-2} - 1 = 0$

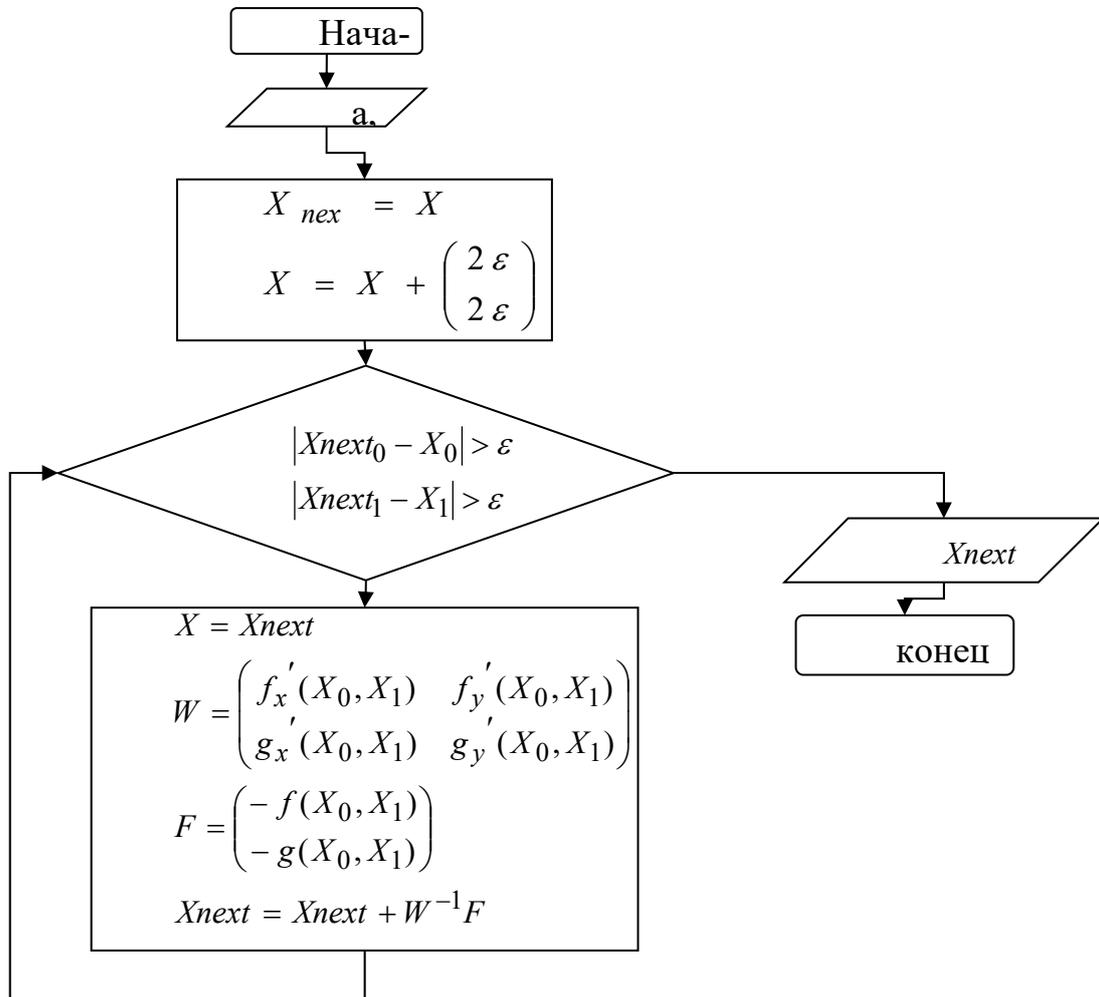
28. $2\ln x - x/2 + 1 = 0$

29. $\frac{1}{\operatorname{tg}(1.05x)} - x^2 = 0$

30. $\operatorname{tg}(0.58x + 0.1) - x^2 = 0$

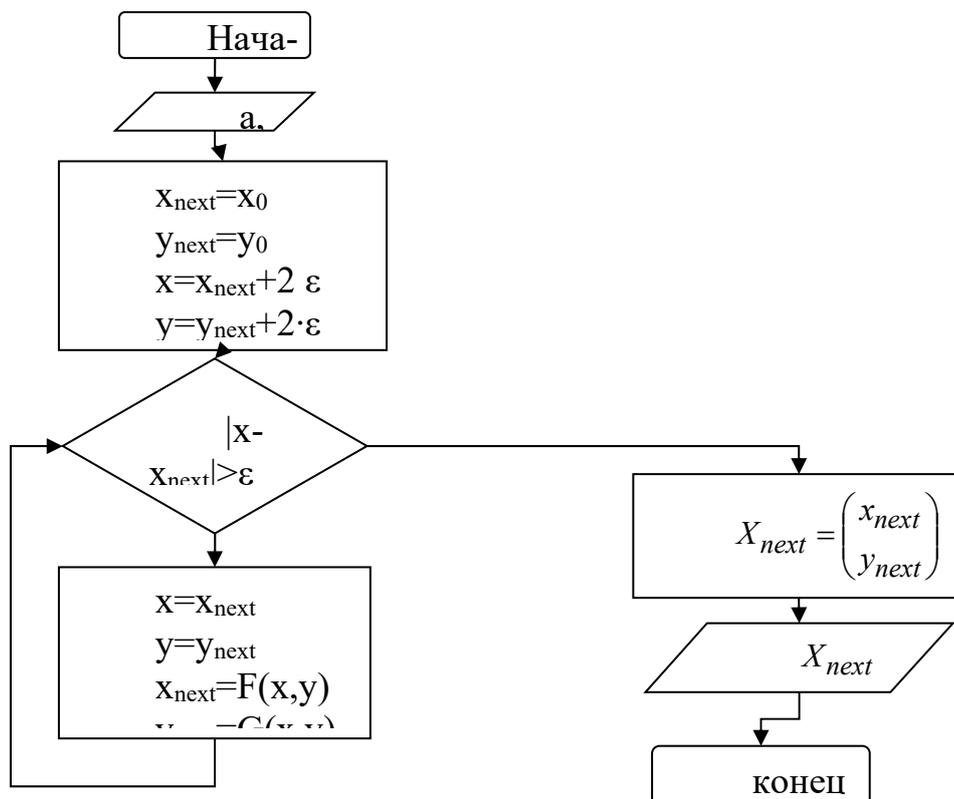
3. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ СИСТЕМ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

Ниже приведена блок-схема численного решения системы нелинейных уравнений методом Ньютона.



Примечание. В начале алгоритма к X_i прибавляется 2ε , чтобы разность $|X_i - X_{next_i}|$ была гарантировано больше ε .

Ниже приведена блок-схема численного решения системы нелинейных уравнений методом простой итерации.



Задание. Написать программу в Mathcad численно решающую систему нелинейных уравнений методом определенным в задании и сравнить ответ с результатами полученными с помощью встроенной функции Find.

№	Система уравнений	Нач. значения	Метод
1	$\begin{cases} 2x + \operatorname{tg}(x \cdot y) = 0 \\ (y^2 - 7,5)^2 - 15x = 0 \end{cases}$	$x_0 = 3$ $y_0 = 0$	простых итераций
2	$\begin{cases} \operatorname{tg}(x) - \cos(1,5y) = 0 \\ 2y^3 - x^2 - 4x - 3 = 0 \end{cases}$	$x_0 = 0$ $y_0 = 1$	Ньютона
3	$\begin{cases} 10x^2 + 9y^2 - 1 = 0 \\ \sin(3,2x + 0,3y) + 3x = 0 \end{cases}$	$x_0 = 0$ $y_0 = 0,5$	простых итераций
4	$\begin{cases} \cos(y) + 2x = 0 \\ 0,24x + 3,5y + x^2y = 0 \end{cases}$	$x_0 = 0$ $y_0 = 0$	Ньютона
5	$\begin{cases} \sin(x + 0,4) + 3,5y - 1,5 = 0 \\ \cos(y + 0,2) + 0,5x = 0 \end{cases}$	$x_0 = -1,3$ $y_0 = 0,5$	простых итераций
6	$\begin{cases} \sin(3,3x - 0,4y) + 4x = 0 \\ 8x^2 + 25y^2 - 1 = 0 \end{cases}$	$x_0 = 0$ $y_0 = 0,5$	Ньютона

7	$\begin{cases} 0,16x + 2,1y + x^2y = 0 \\ \cos y + x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= -1 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$	простых итераций
8	$\begin{cases} 2,1y^3 - x^2 - 4x - 3 = 0 \\ \operatorname{tg}(2x) - \cos(2y) = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 1 \end{aligned}$	Ньютона
9	$\begin{cases} (y^2 - 7,5)^2 - 15x = 0 \\ \operatorname{tg}(xy) + 2x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 3 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$	простых итераций
10	$\begin{cases} 4x^2 + 35y^2 - 1 = 0 \\ \sin(4,2x - 0,6y) + 6x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0,5 \end{aligned}$	Ньютона
11	$\begin{cases} \operatorname{tg}(xy) + 6x = 0 \\ -120x + (y^2 - 20)^2 = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 3 \\ y_0 &= -0,5 \end{aligned}$	простых итераций
12	$\begin{cases} 0,9x + \cos(y + 1,6) = 0 \\ 0,1 - 2y + \sin(x + 1,8) = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0,5 \\ y_0 &= 0,4 \end{aligned}$	Ньютона
13	$\begin{cases} \cos(y + 0,6) + 0,6x = 0 \\ \sin(x + 0,8) + 2y - 1 = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= -0,8 \\ y_0 &= 0,5 \end{aligned}$	простых итераций
14	$\begin{cases} \operatorname{tg}4x - \cos3y = 0 \\ 2,3y^3 - x^2 - 4x - 3 = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 1 \end{aligned}$	Ньютона
15	$\begin{cases} 2,2y^3 - x^2 - 4x - 3 = 0 \\ \operatorname{tg}3x - \cos2,5y = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 1 \end{aligned}$	простых итераций
16	$\begin{cases} 5x + \operatorname{tg}(xy) = 0 \\ (y^2 - 1,5)^2 - 7,5x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0,6 \\ y_0 &= -2 \end{aligned}$	Ньютона
17	$\begin{cases} 0,5y - 0,5 + \sin(x + 1,2) = 0 \\ 0,7x + \cos(y + 0,8) = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= -1 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$	простых итераций
18	$\begin{cases} \sin(x + 2,1) - 3y + 0,4 = 0 \\ \cos(y + 1,8) + 1,2x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0,4 \\ y_0 &= 0,5 \end{aligned}$	Ньютона
19	$\begin{cases} 4,9y + 0,32x + x^2y = 0 \\ \cos y + 3x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$	простых итераций
20	$\begin{cases} (y^2 - 5)^2 - 20x = 0 \\ \operatorname{tg}(xy) + 4x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0,3 \\ y_0 &= -2,8 \end{aligned}$	Ньютона
21	$\begin{cases} \sin(4x - 0,5y) + 5x = 0 \\ 7x^2 + 30y^2 - 1 = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0,5 \end{aligned}$	простых итераций
22	$\begin{cases} \operatorname{tg}6x - \cos4y = 0 \\ 2,5y^3 - x^2 - 4x - 3 = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 1 \end{aligned}$	Ньютона
23	$\begin{cases} 6x + \operatorname{tg}(xy) = 0 \\ (y^2 - 2)^2 - 12x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0,5 \\ y_0 &= -2 \end{aligned}$	простых итераций

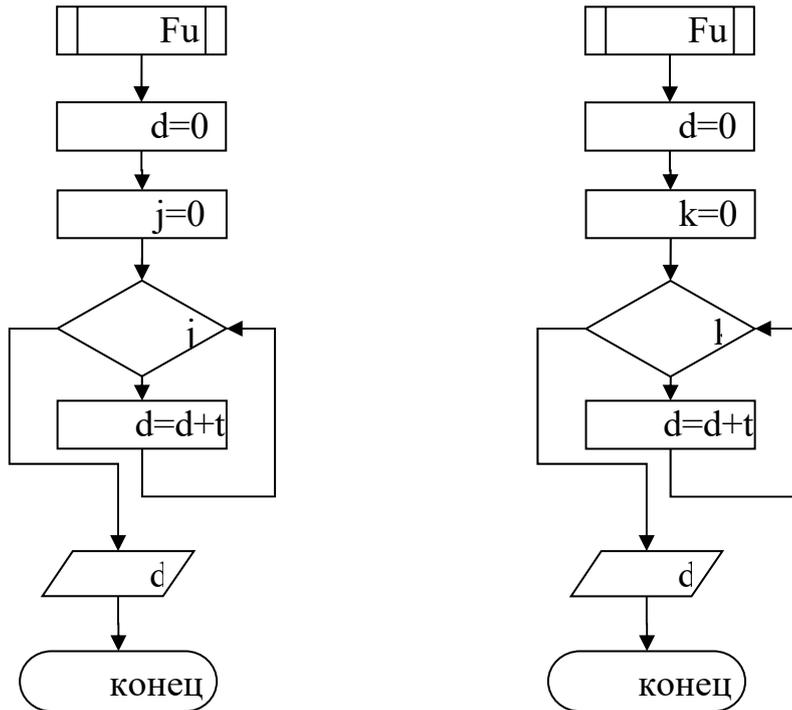
24	$\begin{cases} \sin(3,1x + 0,2y) + 2x = 0 \\ 12x^2 + 5y^2 - 1 = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0,5 \end{aligned}$	Ньютона
25	$\begin{cases} \cos y + 5x = 0 \\ 0,48x + 6,7y + x^2y = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$	простых итераций
26	$\begin{cases} \operatorname{tg} 5x - \cos 3,5y = 0 \\ 2,4y^3 - x^2 - 3 - 4x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 1 \end{aligned}$	Ньютона
27	$\begin{cases} 14x^2 + 3y^2 - 1 = 0 \\ \sin(3x + 0,1y) + x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0,5 \end{aligned}$	простых итераций
28	$\begin{cases} 0,6x + 7,5y + x^2y = 0 \\ \cos y + 6x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$	Ньютона
29	$\begin{cases} \sin(x + 1,6y) - 1 = 0 \\ \cos(y + 1,2) + 0,8x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0,5 \\ y_0 &= 0,8 \end{aligned}$	простых итераций
30	$\begin{cases} 4x^2 + 35y^2 - 1 = 0 \\ \sin(4,2x - 0,6y) + 6x = 0 \end{cases}$	$\begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0,5 \end{aligned}$	Ньютона

4. АПРАКСИМАЦИЯ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Алгоритм. Пусть дана таблично заданная функция $z_i = z(t_i)$ $i = 1..m$ (z и t представляем как матрицы-столбцы). Необходимо аппроксимировать её полино-

$$\text{мом } P(x) = \sum_{j=0}^n a_j x^j .$$

Алгоритм будет иметь следующий вид:

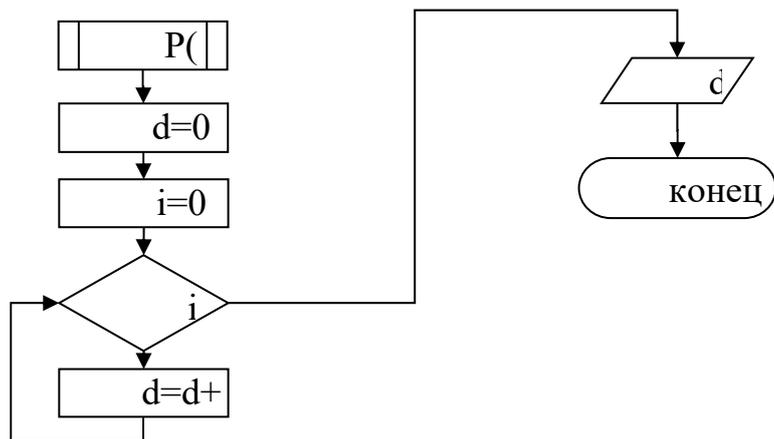


$$C_i = FunC(i) \quad i = 0..n-1$$

$$B_{ij} = FunB(i, j) \quad i = 0..n-1 \quad j = 0..n-1$$

$A = B^{-1}C$ (Метод решения системы линейных уравнений с помощью обратной матрицы см. задание 1)

Теперь, после того как нашли значения a_i , можно построить функцию реализующую аппроксимирующий полином.



Задание. Написать программу в Mathcad аппроксимирующую таблично заданную функцию. Четные варианты аппроксимируют полиномом второй степени, нечётные варианты – полиномом третьей степени. Затем построить график полученного полинома и изобразить, на этом же графике, первоначально заданные точки.

№ вар.	Табличные функции									
	x_i	-1	1	3	5	7	9	11	13	15
1,2	x_i	-1	1	3	5	7	9	11	13	15
	y_i	8,71	109,8	124,4	122,5	112,1	96,6	80,2	6,3	57,9
3,4	x_i	2	3,2	4,4	6,2	7,8	9,5	10,9	11,5	12,7
	y_i	19,9	22	30	42,1	65	99,5	120	126,8	133,4
5,6	x_i	-3,5	-1,5	0,5	2,5	4,5	6,5	8,5	10,5	12,5
	y_i	0,45	-3,09	-4,01	-3,9	-3	-1,62	-0,18	0,99	1,72
7,8	x_i	1,25	2,59	4,4	6,54	8,5	11,5	13,5	14,9	15
	y_i	3,0	5,0	7,0	8,5	9,3	9,9	10,6	11,2	11,64
9,10	x_i	-2	0	2	4	6	8	10	12	14
	y_i	7,84	7,13	6,31	5,29	4,03	2,5	0,87	-0,68	-0,79
11,12	x_i	-1,5	1	2,7	5,5	6,5	8,3	9,6	11,2	12,75
	y_i	2,45	1,12	-1	-2,1	-2,3	-1,9	-1	2	3,5
13,14	x_i	0,67	1,5	2,5	3,5	5	6,5	10	12,4	14
	y_i	110	118,7	124,5	125,2	122,5	115,1	88,3	70	61,2
15,16	x_i	0,5	2,5	4,5	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5
	y_i	23,7	20,1	27,8	45,3	79,2	115,4	132,9	141,1	147
17,18	x_i	-2,77	-0,5	1	2	3,5	7	10	11,5	12,5
	y_i	-1,5	-3,65	-4,03	-4,0	-3,54	-1,58	0,73	1,4	1,83
19,20	x_i	0,5	2,0	3,5	5,0	6,5	8,5	9,5	11,0	12,5
	y_i	1,23	0,92	0,78	0,68	0,6	0,53	0,49	0,47	0,45
21,22	x_i	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

	y_i	1,02	2,57	5,51	7,52	8,69	9,38	9,79	10,35	1,64
23,24	x_i	-3	0,5	1,5	2,5	4,3	6,2	7,7	9,0	11
	y_i	9,4	7,52	6,75	5,8	3,6	0,53	-1,5	-2,94	-4,4
25,26	x_i	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12
	y_i	3,1	2,66	1,74	0,35	-1,26	-2,28	-2,07	-0,54	2,53
27,28	x_i	0	0,4	1,5	3,0	4,6	7	9,2	11,5	13
	y_i	1,47	1,26	0,99	0,82	0,7	0,57	0,5	0,46	0,44
29,30	x_i	-1	1	3	5	7	9	11	13	15
	y_i	1,02	2,57	5,51	7,52	8,69	9,38	9,79	10,35	1,64

5. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Задание. Написать программу в Mathcad численно решающую дифференциальное уравнение заданным в задаче методом.

№	Уравнение	Нач. условия	Метод
1	$y' = \frac{y+1}{x}$	$y(1) = 0$	Эйлера
2	$e^{x-y} y' = 1$	$y(1) = 1$	Эйлера
3	$y' \operatorname{ctgx} + y = 2$	$y(0) = 2$	Эйлера
4	$e^y (y' + 1) = 1$	$y(0) = 0$	Эйлера
5	$y' + y = \cos x$	$y(0) = 0,5$	Эйлера
6	$y' - 2y = -x^2$	$y(0) = 0,25$	Эйлера
7	$y' + y = 2x$	$y(0) = -1$	Эйлера
8	$xy' = y$	$y(1) = 1$	Эйлера
9	$2xy' = y$	$y(1) = 1$	Эйлера
10	$y' = -\frac{y}{1+x}$	$y(0) = 2$	Эйлера
11	$y' = y - \frac{2x}{y}$	$y(0) = 1$	Эйлера
12	$y' = x^2 + y^2$	$y(0) = 0$	Эйлера
13	$y' = y - x$	$y(0) = 1,5$	Эйлера
14	$y' = \frac{y}{x} - y^2$	$y(1) = 1$	Эйлера
15	$xy' = y$	$y(0) = 0$	Эйлера
16	$y' = \frac{y+1}{x}$	$y(1) = 0$	Рунге-Кутта
17	$e^{x-y} y' = 1$	$y(1) = 1$	Рунге-Кутта
18	$y' \operatorname{ctgx} + y = 2$	$y(0) = 2$	Рунге-Кутта
19	$e^y (y' + 1) = 1$	$y(0) = 0$	Рунге-Кутта
20	$y' + y = \cos x$	$y(0) = 0,5$	Рунге-Кутта
21	$y' - 2y = -x^2$	$y(0) = 0,25$	Рунге-Кутта

22	$y' + y = 2x$	$y(0) = -1$	Рунге-Кутта
23	$xy' = y$	$y(1) = 1$	Рунге-Кутта
24	$2xy' = y$	$y(1) = 1$	Рунге-Кутта
25	$y' = -\frac{y}{1+x}$	$y(0) = 2$	Рунге-Кутта
26	$y' = y - \frac{2x}{y}$	$y(0) = 1$	Рунге-Кутта
27	$y' = x^2 + y^2$	$y(0) = 0$	Рунге-Кутта
28	$y' = y - x$	$y(0) = 1,5$	Рунге-Кутта
29	$y' = \frac{y}{x} - y^2$	$y(1) = 1$	Рунге-Кутта
30	$xy' = y$	$y(0) = 0$	Рунге-Кутта

6. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ

Теоретические сведения приведены в [2].

Ниже приведена программа реализующая метод трапеций.

$$f(x) := e^x \quad a := 0 \quad b := 1$$

$$\text{IntegBase}(h) := \left| \begin{array}{l} t \leftarrow \frac{f(a) + f(b)}{2} \\ \text{for } i \in 1 .. \frac{b-a}{h} \\ \quad t \leftarrow t + f(a + i \cdot h) \\ \text{return } h \cdot t \end{array} \right.$$

$$\text{Integ}(e) := \left| \begin{array}{l} h1 \leftarrow 0.2 \\ h2 \leftarrow \frac{h1}{2} \\ T1 \leftarrow \text{IntegBase}(h1) \\ T2 \leftarrow \text{IntegBase}(h2) \\ \text{while } |T1 - T2| > e \\ \quad \left| \begin{array}{l} h1 \leftarrow h2 \\ T1 \leftarrow T2 \\ h2 \leftarrow \frac{h2}{2} \\ T2 \leftarrow \text{IntegBase}(h2) \end{array} \right. \\ \text{return } T2 \end{array} \right.$$

$$\text{Integ}(0.001) = 1.7184$$

Функция IntegBase реализует алгоритм нахождения интеграла по методу трапеций.

Функция Integ находит интеграл с заданной точностью с помощью алгоритма автоматического выбора шага используя алгоритм определённый в IntegBase.

Задание. Написать программу в Mathcad численно находящую интеграл заданным в задаче методом.

№	Интеграл	Точность	Метод
1	$\int_1^4 \frac{1+\sqrt{x}}{x^2} dx$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Прямоугольников
2	$\int_2^6 \sqrt{x-2} dx$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Симсона
3	$\int_0^{-3} \frac{dx}{\sqrt{25+3x}}$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Прямоугольников
4	$\int_{-2}^{-3} \frac{dx}{x^2-1}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Симсона
5	$\int_0^1 \frac{xdx}{x^2+3x+2}$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Прямоугольников
6	$\int_{-1}^1 \frac{x^5 dx}{x+2}$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Симсона
7	$\int_3^4 \frac{dx}{x^2+4x+5}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Прямоугольников
8	$\int_3^4 \frac{dx}{x^2-3x+2}$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Симсона
9	$\int_0^1 \frac{x^3}{x^8+1} dx$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Прямоугольников
10	$\int_0^1 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^6+4}}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Симсона
11	$\int_e^{e^2} \frac{dx}{x \ln x}$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Прямоугольников
12	$\int_0^1 \frac{e^x}{1+e^{2x}} dx$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Симсона
13	$\int_0^1 \sqrt{x-x^2} dx$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Прямоугольников
14	$\int_1^2 \frac{\sqrt{x^2-1}}{x} dx$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Симсона

15	$\int_0^4 \frac{dx}{1+\sqrt{x}}$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Прямоугольников
16	$\int_1^4 \frac{1+\sqrt{x}}{x^2} dx$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Симсона
17	$\int_2^6 \sqrt{x-2} dx$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Прямоугольников
18	$\int_0^{-3} \frac{dx}{\sqrt{25+3x}}$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Симсона
19	$\int_{-2}^{-3} \frac{dx}{x^2-1}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Прямоугольников
20	$\int_0^1 \frac{x dx}{x^2+3x+2}$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Симсона
21	$\int_{-1}^1 \frac{x^5 dx}{x+2}$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Прямоугольников
22	$\int_3^4 \frac{dx}{x^2+4x+5}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Симсона
23	$\int_3^4 \frac{dx}{x^2-3x+2}$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Прямоугольников
24	$\int_0^1 \frac{x^3}{x^8+1} dx$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Симсона
25	$\int_0^1 \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^6+4}}$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Прямоугольников
26	$\int_e^{e^2} \frac{dx}{x \ln x}$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Симсона
27	$\int_0^1 \frac{e^x}{1+e^{2x}} dx$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Прямоугольников
28	$\int_0^1 \sqrt{x-x^2} dx$	$\varepsilon = 10^{-3}$	Симсона
29	$\int_1^2 \frac{\sqrt{x^2-1}}{x} dx$	$\varepsilon = 10^{-5}$	Прямоугольников
30	$\int_0^4 \frac{dx}{1+\sqrt{x}}$	$\varepsilon = 10^{-4}$	Симсона

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Действия с матрицами: умножение, транспонирование, вращение, LU-разложение, дифференцировки.
2. Свойства матриц. Их использование для записи систем уравнений. Действия с матрицами на ПЭВМ.
3. Схемы замещения генераторов, трансформаторов, линий электропередачи, линейных и нелинейных электрических нагрузок.
4. Графы и подграфы электрических схем. Узлы и ребра графа, хорды и дерево графа.
5. Методы построения матриц соединений, контуров и связей. Аналитические зависимости между ними.
6. Законы Ома и Киргофа в матрично-векторной форме записи.
7. Расчет установившихся режимов электрических систем методами независимых и узловых напряжений, независимых и контурных токов.
8. Формирование исходных уравнений различными методами.
9. Методы решения на ПЭВМ в пакете MathCad систем линейных и нелинейных уравнений. Методы минимизации и оптимизации.
10. Рассчитать переходные процессы в электрических системах методами узловых напряжений и контурных токов.
11. Законы Ома и Киргофа в дифференциальной форме.
12. Формализованные топологические методы формирования исходных систем уравнений для анализа переходных процессов.
13. Численный метод решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Эйлера.
13. Численный метод решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Эйлера-Коши.
13. Численный метод решения нелинейных систем дифференциальных уравнений Рунге-Кутты.
14. Программы и их реализация на ПЭВМ для решения электротехнических задач.
15. Явные и неявные методы решения дифференциальных уравнений, их преимущества и недостатки.
16. Математическая модель трансформатора для анализа стационарных и переходных режимов работы. Расчет параметров схем замещения. Модели трехфазных трехобмоточных трансформаторов.
17. Расчет переходного процесса при коротком замыкании в сети с помощью дифференциальных уравнений. Получение мгновенных значений параметров режима. Использование методов контурных токов и узловых напряжений.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)