

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Электроэнергетика и электротехника»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине **Б.1.3.3.1**  
**«Математические модели физических процессов в электротехнике и  
электроэнергетике»**  
для направления подготовки **13.03.02 ЭЛЭТ**  
**«Электроэнергетика и электротехника»**

Профиль 2 - «Электротехнологические установки и системы»

форма обучения – очная  
курс - 2  
семестр – 3  
зачетных единиц – 3  
часов в неделю – 3  
всего часов – 108  
в том числе:  
лекции – 32 час.  
практические занятия – 16 час.  
лабораторные занятия - нет  
самостоятельная работа – 60 час.  
зачет - нет  
Экзамен – 3 сем.  
РГР - нет

## 1. Цели и задачи дисциплины.

Цель преподавания дисциплины:

научить студентов применять математические модели физических процессов в задачах электроэнергетики и электротехники.

Задачи изучения дисциплины:

овладение математическими и компьютерными методами, применяемых для решения таких задач как построение математических моделей электрической цепи, ознакомление с методами оптимизации, анализ устойчивости и синтез устойчивых электрических цепей.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

В представленной таблице дается описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ООП

Дисциплина по учебному плану			Перечень вопросов (дидактических единиц) знания по которым необходимы для изучения дисциплины	Дисциплина, в рамках которой изучается	
Шифр дисциплины	Наименование дисциплины	Трудоемкость (час)		Шифр дисциплины	Наименование дисциплины*
Б.1.3.3.1	Математические модели физических процессов в электротехнике и электроэнергетике	108	Дифференциальное и интегральное исчисления; обыкновенные дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного; гармонический анализ; преобразование Лапласа.	Б.1.1.5	Высшая математика
			Электричество и магнетизм: электростатика и магнитостатика в вакууме и веществе, электрический ток, электромагнитное поле.	Б.1.1.7	Физика
			Методы расчета линейных электрических цепей постоянного и синусоидального тока, переходных процессов.	Б.1.1.10	ТОЭ

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Выпускник должен обладать общепрофессиональной (ОПК) и профессиональной (ПК) компетенциями в соответствии с Приказом ФГОС ВО Министерства образования и науки РФ, утвержденного от 03.09.2015г. № 955:

Общепрофессиональная компетенция (ОПК- 2):

-способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

*Студент должен знать:* соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования электроэнергетических систем.

*Студент должен уметь:* применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования электроэнергетических систем при решении профессиональных задач.

*Студент должен владеть:* навыками анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач электроэнергетики.

Общепрофессиональная компетенция (ОПК- 3):

- способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей:

*Студент должен знать:* способы проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

*Студент должен уметь:* принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

*Студент должен владеть:* навыками проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

#### 4. Распределение трудоёмкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий.

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме			
				Всего	Лекции	Пр. занятия	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1-3	I	Методы построения математических моделей электрических цепей, применяемые в программах компьютерного проектирования	27	8	6	13
	4-7	II	Теория статической устойчивости технических объектов	27	8	6	13
2	8-11	III	Методы оптимизации технических объектов.	30	10	6	14
	12-14	IV	Численные методы решения алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений.	24	10	-	14
<b>ИТОГО:</b>				<b>108</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>54</b>

## 5. Содержание лекционного курса.

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
<b>I</b>	2	1	I.1. Графы электрических цепей. Топологические матрицы. Законы Кирхгофа с использованием матриц инцидентий и контуров и сечений. Связь напряжений и потенциалов с помощью матрицы инцидентий.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	2,3	I.2. Метод узловых потенциалов. Компонентные уравнения. Компонентные уравнения для сопротивления и источников ЭДС и тока. Матрицы проводимостей. Построение уравнений цепи методом узловых потенциалов.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	3,4	I.3. Табличный метод. Фундаментальное дерево графа и его свойства. Компонентные уравнения в методе контуров и сечений. Система уравнений метода контуров и сечений и гиперматрица метода.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
<b>II</b>	2	5	II.1. Понятие о статической устойчивости. Фундаментальный критерий устойчивости любых линейных систем. Основные определения	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	6,7	II.2. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии. Критерии Найквиста и Михайлова.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	7,8	II.3 Метод синтеза. Метод D – разбиения	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
<b>III</b>	2	9	III.1. Виды описания проектируемых объектов и классификация их параметров. Требования к математическим моделям. Критерий оптимальности. Целевая функция.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	2	10	III.2. Безусловные экстремумы. Условные экстремумы. Виды ограничений. Необходимые и достаточные условия экстремума. Метод неопределенных множителей Лагранжа.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	11,12	III.3. Поисковая оптимизация. Критерии оптимальности. Классификация поисковых методов. Метод Гаусса-Зейделя. Метод случайного поиска. Метод градиента. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона. Методы одномерного поиска. Сведение задачи условной оптимизации к безусловной.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	12,13	III.4. Методы оптимизации в случае овражных или гребневых целевых функций. Метод Розенброка. Метод сопряженных градиентов. Метод переменной метрики. Метод проекции вектор-градиента.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.

IV	2	14	IV.1. Численные методы решения уравнений. Виды математических моделей в теории цепей. Численные методы решения систем ЛАУ. Метод Гаусса. Метод Гаусса с выбором главного элемента.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	15,16	IV.2. Численные методы решения систем нелинейных и трансцендентных алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Метод Ньютона. Метод продолжения решения по параметру.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	3	16,17	IV.3. Методы решения систем дифференциальных уравнений. Алгебраизация обыкновенных дифференциальных уравнений. Явные методы решения. Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты 4-го порядка.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
	2	18	IV.4. Неявные методы. Неявный метод Эйлера. Формула Шихмана. Формулы Гира. Правило Рунге для оценки погрешности. Устойчивость численного интегрирования. Заключение	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.

## 6. Содержание коллоквиумов - не предусмотрено

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
I	6	1-5	I.1.Методика решения «Задачи построения математических моделей электрической цепи методом узловых потенциалов и табличным методом» - задание - 1.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
II	6	6-11	I.2. Методика решения «Задачи анализа устойчивости электрической системы» - задание 2.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
III	6	12-18	I.3. Методика решения «Задачи об оптимальном распределении нагрузки между тремя агрегатами ГЭС» - задание 3.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.

## 8. Перечень лабораторных работ – нет

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4

I	13	Расчет домашнего задания по теме I «Построение математических моделей электрической цепи» (задание 1)	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
II	13	Расчет домашнего задания по теме II «Устойчивость» (задание 2)	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
III	14	Расчет домашнего задания по теме III «Оптимизация» (задание 3)	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.
IV	14	Изучение численных методов, применяемых при анализе цепей.	15.1.(1-4,5-7) 15.2., 15.3.

### 10. Расчётно-графическая работа - нет

### 11. Курсовая работа – нет

### 12. Курсовой проект - нет

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Математические модели физических процессов в электротехнике и электроэнергетике» должны сформироваться общепрофессиональные и профессиональные компетенции ОПК-2, ПК-3, для формирования которых необходимы базовые знания фундаментальных разделов дисциплин Б.1.1.5 «Высшая математика», Б.1.1.7 «Физика», Б1.1.10 «ТОЭ».

Название и шифр компетенции	Шифр составных частей	Составные части	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК- 2)	А	Знает: соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования электроэнергетических систем	Зачет	В соответствии с пунктами 7, 13.2. 15.2. 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	зачтено / не зачтено
	Б	Умеет: применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования электроэнергетических систем при решении профессиональных задач			

	<b>В</b>	Владеет: навыками анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач электроэнергетики			
- способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3)	<b>А</b>	Знает: способы проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	<b>Зачет</b>	В соответствии с пунктами 7, 13.2, 15.2, 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	<b>зачтено / не зачтено</b>
	<b>Б</b>	Умеет: принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования			
	<b>В</b>	Владеет: навыками проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования			

### 13.1. Вопросы для зачета - нет

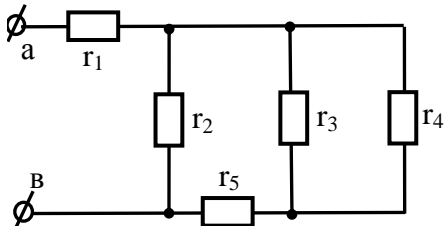
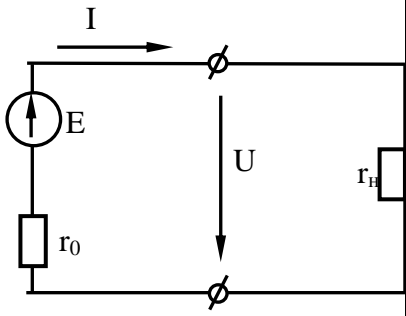
### 13.2. Вопросы для экзамена

1. Графы электрической цепи.
2. Матрица инцидентий.
3. Первый закон Кирхгофа.
4. Выражение для напряжения через потенциалы.
5. Матрица контуров и сечений.
6. Фундаментальное дерево графа.
7. Законы Кирхгофа.
8. Метод узловых потенциалов.
9. Табличный метод расчета электрической цепи.
10. Метод Гаусса.
11. Метод Гаусса с выбором главного элемента решения системы ЛАУ.
12. Метод Ньютона.
13. Метод Ньютона-Рафсона решения нелинейных алгебраических уравнений.

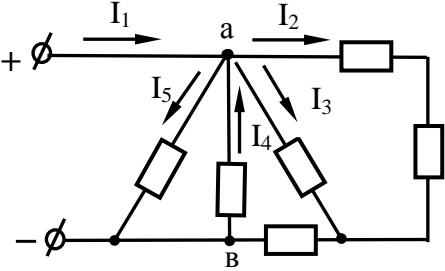
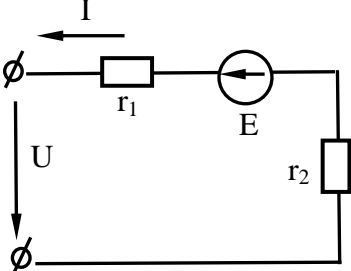
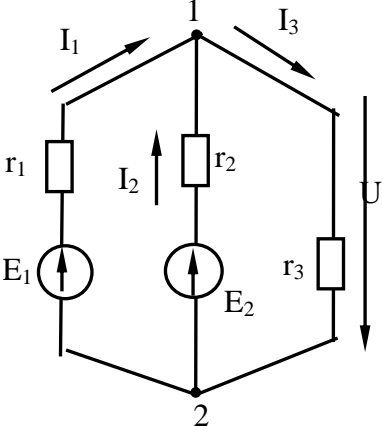
14. Классификация и основные характеристики методов численного интегрирования систем ОДУ.
15. Явные методы интегрирования систем ОДУ.
16. Метод Эйлера.
17. Метод Рунге-Кутты 4-го порядка.
18. Неявные методы интегрирования систем ОДУ.
19. Неявный метод Эйлера.
20. Формулы Гира.
21. Формула Шихмана.
22. Устойчивость явных и неявных методов интегрирования.
23. Компонентные уравнения элементов электрической схемы.
24. Алгоритм решения линеаризованной алгебраизованной системы уравнений.

### 13.3. Тестовые задания по математическим моделям физических процессов в электротехнике и электроэнергетике

Тестовые задания по 75 вариантам выдаются на кафедре ЭТЭ, а также находятся у преподавателя (пример первого тестового задания)

		<b>1</b>	
<b>1.</b>	<p>Определить входное сопротивление <math>r_{ab}</math>  Дано: <math>r_1=5 \text{ Ом}</math>;  <math>r_3=r_2=r_4=20 \text{ Ом}</math>;  <math>r_5=10 \text{ Ом}</math>.  <math>r_{ab}=?</math></p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>r_{ab} = 15 \text{ Ом}</math></li> <li>2. <math>r_{ab} = 75 \text{ Ом}</math></li> <li>3. <math>r_{ab} = 14,6 \text{ Ом}</math></li> <li>4. <math>r_{ab} = 25 \text{ Ом}</math></li> </ol>
<b>2.</b>	<p><u>Напишите закон Ома для полной цепи.</u></p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>I = E / (r_o + r_H)</math></li> <li>2. <math>I = (E - U) / (r_o + r_H)</math></li> <li>3. <math>I = U / (r_o + r_H)</math></li> <li>4. <math>I = U / r_o</math></li> </ol>



3.	<p>Напишите уравнение по 1 закону Кирхгофа для узла «а»</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0</math></li> <li>2. <math>I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0</math></li> <li>3. <math>I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0</math></li> <li>4. <math>I_1 - I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0</math></li> </ol>
4.	<p>Составить уравнение баланса мощностей</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>EI - UI = (r_1 + r_2)I^2</math></li> <li>2. <math>EI = UI - (r_1 + r_2)I^2</math></li> <li>3. <math>EI + UI = (r_1 + r_2)I^2</math></li> <li>4. <math>UI = EI + (r_1 + r_2)I^2</math></li> </ol>
5.	<p>Дано; <math>E_1=120\text{В}</math>;  <math>E_2=125\text{В}</math>; <math>r_1=0,1\text{ Ом}</math>;  <math>r_2=0,125\text{ Ом}</math>;  <math>r_3=0,25\text{ Ом}</math>.          Пользуясь методом узлового напряжения определить токи во всех ветвях</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>I_1=200\text{ А}</math>; <math>I_2=200\text{ А}</math>  <math>I_3=400\text{ А}</math>;</li> <li>2. <math>I_1=2200\text{ А}</math>; <math>I_2=1800\text{ А}</math>;  <math>I_3=400\text{ А}</math>;</li> <li>3. <math>I_1=1200\text{ А}</math>; <math>I_2=1000\text{ А}</math>  <math>I_3=2200\text{ А}</math>;</li> <li>4. <math>I_1=100\text{ А}</math>; <math>I_2=600\text{ А}</math>;  <math>I_3=400\text{ А}</math>.</li> </ol>

#### 14. Образовательные технологии

По курсу «Математические модели физических процессов в электротехнике и электроэнергетике» при выполнении практических работ используется программное обеспечение: Electronics Workbench, CorelDraw, Photoshop, MathCad, Matlab.

#### 15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 15.1. Список основной и дополнительной литературы по дисциплине ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник / Л. А. Бессонов. - 11-е изд., испр. и доп. - М. : Гардарики, 2013, 2007, 2006). - 701 с.- Гриф: допущено М-вом образования Рос. Федерации в качестве учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломир. спец. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии", "Электроэнергетика", "Приборостроение". - ISBN 5-8297-0159-6.  
 Экземпляры всего: 21

2. Осташков В.Н. Практикум по решению инженерных задач математическими методами [Электронный ресурс] / Осташков В.Н. - учебное пособие / В. Н. Осташков.-Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 200 с. - (Математическое моделирование).Москва : БИНОМ, 2013. - ISBN 978-5-9963-2114-8.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321148.html>

3. Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учеб. пособие / Н. В. Голубева. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 192 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература - Гриф: рек. УМО в качестве учеб. пособия для студентов вузов ж.-д. трансп. - ФГОС 3 поколения. - ISBN 978-5-8114-1424-6.

Экземпляры всего: 25

4. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учеб. пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - 3-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2008. - 544 с. - (Прикладная математика для вузов). - Гриф: рек. УМО вузов Рос. Федерации по образованию в обл. авиации, ракетостроения и космоса в качестве учеб. пособия для студентов вузов. - ISBN 978-5-06-004137-8.

Экземпляры всего: 10

#### Дополнительная литература

5. Атабеков, Г. И. Основы теории цепей [Электронный ресурс] : учеб. / Г. И. Атабеков. - 3-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Систем. требования: Pentium III 900 МГц ; Adobe Acrobat Reader. - Загл. с этикетки диска. - Электронный аналог печатного издания. - Диски помещены в контейнер 14x12 см.

Режим доступа: [http://lib.sstu.ru/books/Ld\\_13.pdf](http://lib.sstu.ru/books/Ld_13.pdf)

6. Сивяков, Б. К. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. спец. 100400, 200500, 210100, 210300 / Б. К. Сивяков, И. Л. Дубинская, С. В. Осипова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Саратовский гос. техн. ун-т.-Электрон. текстовые дан.-Саратов: СГТУ,2010.

Режим доступа: [http://lib.sstu.ru/books/zak%20335\\_10.pdf](http://lib.sstu.ru/books/zak%20335_10.pdf)

7. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники : учеб. / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин. - 5-е изд. - СПб. [и др.] : Питер, (2009, 2006) - . - (Учебник для вузов). Т. 2. - (2009, 2006). - 432 с.- Гриф: допущено М-вом образования и науки РФ в качестве учеб. для студ. вузов, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров и магистров "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика". - ISBN 978-5-388-00411-6.

Экземпляры всего: 169

## 15.2 ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Учебные материалы по дисциплине «Математические модели физических процессов в электротехнике и электроэнергетике» (лекции, презентации, пособия для изучения курса, методические указания по выполнению практических работ и др.), электронный учебно-методический комплекс «Основы электротехники» необходимо использовать студентам на сайте СГТУ в ИОС (информационно-образовательная среда).

1. <http://lib.sstu.ru/> - научная электронная библиотека СГТУ
2. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам РАН
3. <http://lib.mexmat.ru> – электронная библиотека механико-математического факультета МГУ
4. <http://elibrary.ru> – научная электронная библиотека

## 15.3. Источник ИОС СГТУ

<https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/ETE/13.03.02-3/B.1.3.3.1-3/default.aspx>

## 16. Материально-техническое обеспечение

Лекционные занятия проводятся в аудиториях со стандартным оснащением площадью не менее 40 кв.м.

Для проведения практических занятий используются лаборатории кафедры ЭТЭ: 1 – площадь 60 кв.м, 2 - площадь 60 кв.м, 3 – площадь 80 кв.м., каждая оборудована мультимедийными средствами: мультимедийный проектор, экран для демонстрации презентаций, интерактивная доска, компьютер с выходом в Интернет; программные средства для мультимедийных презентаций.

Для самостоятельной работы студентов используются лаборатория кафедры ЭТЭ, оснащенная шестью компьютерами и аудитория с тремя компьютерами.

При проведении занятий преподаватель использует:

- раздаточный материал для практических занятий;
- учебный материал в электронном виде (методические указания по выполнению СРС практических заданий);
- презентации лекционного курса;
- наглядные пособия.

При выполнении СРС студенты могут пользоваться разработанными преподавателями кафедры методическими указаниями, размещенными в ИОС.

На лекционных занятиях применяются интерактивные задания из электронного учебно-методического комплекса «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ», авторы С. Б. Беневоленский, А. Л. Марченко.