

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

Кафедра «Электроснабжение и электротехнология»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.3.6.2 «Теория тепловых процессов»

направления подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

профиль «Электроснабжение»

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 4

зачетных единиц – 2

часов в неделю – 2

всего часов – 72,

в том числе:

лекции – 18

коллоквиумы – нет

практические занятия – 18

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 36

зачет - 4 семестр

экзамен – нет

РГР – нет

курсовая работа – 4 семестр

курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: изучение студентами теории тепловых процессов в электрооборудовании различного типа.

Задачи изучения дисциплины: освоение студентами видов теплообмена, методов тепловых расчетов, моделирования стационарных и нестационарных тепловых процессов в электроустановках.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Теория тепловых процессов» относится к профильным дисциплинам вариативной части блока «Дисциплины (модули)». Данная дисциплина имеет содержательно-методическую взаимосвязь с базовыми дисциплинами «Высшая математика», «Информатика», «Физика», «Численные методы решения задач».

Основными требованиями к «входным знаниям», умениям и компетенциям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин, являются:

- знания из курса физики о тепловых процессах, включая виды теплообмена;
- умение решать дифференциальные уравнения в частных производных;
- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, использование компьютера как средство работы с информацией;
- владение основами численных методов решения задач электродинамики и тепломассопереноса.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций ОПК-2, ПК- 5,6:

- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2);
- готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5);
- способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6).

Студент должен знать: теорию теплопередачи, виды теплообмена, методы моделирования тепловых процессов, происходящих в электроустановках различного типа.

Студент должен уметь: проводить численные эксперименты по моделированию тепловых процессов в электроустановках.

Студент должен владеть: аналитическими и численными методами решения задач теплообмена; компьютерными технологиями в области моделирования тепловых процессов в электроустановках различного типа.

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

№ Мо-дуля	№ Неде-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лекции	Кол-локви-умы	Лабора-торные	Практи-ческие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
4 семестр									
1	1-2	1	Общие определения и понятия	5	2	-	-	1	2
	3-8	2	Теплообмен теплопроводностью	24	6	-	-	6	12
	9-13	3	Конвективный теплообмен	20	6	-	-	4	10
	14	4	Теплоотдача разреженных газов	3,5	0,5	-	-	1	2
2	15	5	Теплообмен при фазовых пре-вращениях	4	1	-	-	1	2
	16	6	Тепловые трубы	5,5	0,5	-	-	1	4
	17-18	7	Теплообмен излучением	10	2	-	-	4	4
Всего				72	18	-	-	18	36

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Общие определения и понятия	Литература [1-3], конспект лекций в ИОС
			Тепловые процессы. Виды теплообмена. Феноменологический и статистический методы изучения теплопередачи. Температурное поле, температурный градиент; тепловой поток, коэффициент теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности, условия однозначности	
2	6	2-4	Теплообмен теплопроводностью	Литература [1- 13], конспект лекций в ИОС
2	2	2	Теплопроводность при стационарном режиме. Передача теплоты через стенку без внутренних источников теплоты, граничные условия первого рода. Передача через стенку без внутренних источников теплоты, граничные условия третьего рода. Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников теплоты.	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
2	2	3	Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность однородной пластины. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня при наличии внутренних источников теплоты	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
1	2	3	4	5

2	1	4	Нестационарные процессы теплопроводности. Общие положения. Нагрев (охлаждение) неограниченной пластины. Охлаждение параллелепипеда. Количество теплоты, отданное в процессе охлаждения. Регулярный режим охлаждения.	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
2	1	4	Численные методы решения задач теплопроводности. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий, электротепловая аналогия	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
3	6	5-7	Конвективный теплообмен	Литература [1-3, 5-9], конспект лекций в ИОС
3	2	5	Основные понятия и определения конвективного теплообмена. Теплоотдача, свободная и вынужденная конвекция. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: уравнение энергии, уравнение движения, уравнение сплошности. Гидродинамический и тепловой пограничный слой. Ламинарный и турбулентный перенос теплоты и количества движения	Литература [1-3, 5-9], конспект лекций в ИОС
3	1	6	Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена. Уравнения подобия, критерии подобия. Условия подобия физических процессов. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Ламинарный и турбулентный пограничный слой	Литература [1-3, 5-9], конспект лекций в ИОС
3	1	6	Теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах. Неизотермические режимы движения жидкости. Теплоотдача при течении жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах.	Литература [1-3, 5-9], конспект лекций в ИОС
3	2	7	Теплоотдача при свободном ламинарном и турбулентном движении жидкости вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при свободном движении жидкости около горизонтальной трубы. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве. Теплообмен в вертикальных и горизонтальных щелях. Решение задач теплообмена при сложном теплообмене в ограниченном пространстве.	Литература [1-3, 5-7], конспект лекций в ИОС
4	0,5	8	Теплоотдача разреженных газов Особенности конвективного теплообмена при низких давлениях газа	Литература [1-3, 7], конспект лекций в ИОС
5	1	8	Теплообмен при фазовых превращениях Теплоотдача при конденсации пара. Теплоотдача при кипении жидкости.	Литература [1-3, 7], конспект лекций в ИОС
6	0,5	8	Тепловые трубы Принцип действия тепловых труб и их применение. Термосифоны, назначение, принцип действия	Литература [1-3, 7], конспект лекций в ИОС
7	2	9	Теплообмен излучением	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
7	1	9	Основные понятия и определения. Абсолютно черное, белое, прозрачное, зеркальное тело. Основные параметры излучения. Законы теплового излучения. Закон Планка, Релея-Джинса, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Закон косинусов Ламберта.	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС

1	2	3	4	5
7	1	9	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой. Теплообмен между газом и поверхностью твердого тела	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС

6. Содержание коллоквиумов

Учебным планом не предусмотрены.

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	1	1	<u>Теплообмен теплопроводностью.</u> Решение задач стационарной теплопроводности без внутренних источников тепла	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
2	2	1,2	Решение задач стационарной теплопроводности с внутренними источниками тепла (нагрев плоской пластины, нагрев кабелей)	Литература [1-3,], конспект лекций в ИОС
2	2	2,3	Решение задач нестационарной теплопроводности аналитическими методами.	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
2	2	3,4	Решение задач нестационарной теплопроводности численными методами. Применение программного обеспечения ELCUT для решения задач теплопроводности	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
3	2	4,5	<u>Конвективный теплообмен. Фазовые переходы</u> Решение задач конвективного теплообмена при свободном движении жидкости с использованием критериальных уравнений	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
3	2	5,6	Расчет теплоотдачи в ограниченном пространстве при естественной конвекции	Литература [1-3, 5-8], конспект лекций в ИОС
3,4	2	6,7	Расчет задач конвективного теплообмена при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности.	Литература [1-3, 5-9], конспект лекций в ИОС
3,4,5,6	1	7	Теплоотдача при движении жидкости в трубах	Литература [1-3, 5-9], конспект лекций в ИОС
7	4	8,9	<u>Теплообмен излучением.</u> Решение задач при теплообмене излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой. Исследование теплообмена излучением и определение тепловых потерь с наружной поверхности электрических печей.	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС

8. Перечень лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрены.

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	2	<p><u>Общие определения и понятия</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить виды теплообмена. - Изучить теплофизические свойства твердых тел, жидкостей и газов. - Выяснить, от чего зависит коэффициент теплопроводности у различных веществ. - Изучить закон Фурье, вывод уравнения дифференциального уравнения теплопроводности 	Литература [1-3], конспект лекций в ИОС
2	12	<p><u>Теплообмен теплопроводностью.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить частные случаи дифференциального уравнения теплопроводности и упрощения, при которых эти уравнения получены. - Изучить теплопроводность при стационарном режиме: плоская и цилиндрическая стенка при граничных условиях 1-го и 3-го рода, - Научиться использовать аналитические методы расчета полей температур для тел простой формы. - Изучить теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты для тел простой формы и научиться выполнять тепловые расчеты при нагреве указанных тел с использованием аналитических методов расчета. - Изучить аналитические методы расчета нестационарной теплопроводности тел простой формы 	Литература [1-25], конспект лекций в ИОС
3	10	<p><u>Конвективный теплообмен.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить физические процессы, происходящие в жидкостях и газах при свободной конвекции. - Изучить основы теории подобия. - Изучить физическую сущность процессов передачи тепла в неограниченном пространстве. - Изучить процессы теплоотдачи в ограниченном пространстве при естественной конвекции. - Изучить процессы конвективного теплообмена при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности. - Изучить процессы конвективного теплообмена при ламинарном и турбулентном движении жидкости. - Изучить математические модели теплоотдачи при движении жидкости в трубах 	Литература [1-4, 7-9], конспект лекций в ИОС

1	2	3	4
4	2	<p align="center"><u>Теплоотдача разреженных газов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Уяснить при каких условиях газ можно считать разреженным. - Усвоить понятия «коэффициент аккомодации», «коэффициент обмена количеством движения». - Выяснить, что такое коэффициент скольжения, за счет чего появляется скачок температур у поверхности тела. - Уяснить от чего зависит аэродинамическая степень разрежения газа. - Как определяется плотность теплового потока на границе раздела твердого тела и разреженного газа. - Как определяется коэффициент теплоотдачи разреженного газа. 	Литература [1-4,], конспект лекций в ИОС
5	2	<p align="center"><u>Теплообмен при фазовых переходах</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить физические процессы, происходящие при конденсации пара. - Выяснить, какие факторы влияют на термическое сопротивление пленки конденсата. - Изучить влияние ламинарного и турбулентного течения пленки конденсата на теплоотдачу. - Изучить режимы кипения жидкости (пузырьковое кипение, нестабильное пленочное, пленочное кипение) и при каких условиях они возникают - Выяснить, от каких параметров зависит критическая плотность теплового потока при кипении жидкости. - Изучить принцип действия тепловой трубы и область ее применения. - Изучить принцип действия термосифоны и его назначение. 	Литература [1-3,], конспект лекций в ИОС
6	4	<p align="center"><u>Тепловые трубы</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить принцип действия, конструкцию, области применения тепловых труб. - Изучить принцип действия термосифонов, конструкцию и области применения в электротермии 	
7	4	<p align="center"><u>Теплообмен излучением</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить основные понятия и определения, связанные с теплообменом излучения: абсолютно черное, белое, прозрачное, зеркальное тело. - Выяснить, от каких факторов зависят процессы излучения. - Уяснить математическую формулировку и физический смысл законов теплового излучения (законы Планка, Релея-Джинса, Стефана-Больцмана, Кирхгофа). - Изучить физический смысл и методики расчета теплообмена излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой. 	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС

Проверка выполнения СРС: качество освоения материалов оценивается на практических занятиях.

10. Расчетно-графическая работа

В соответствии с действующим учебным планом расчетно-графическая работа не предусмотрена.

11. Курсовая работа

В соответствии с действующим учебным планом расчетно-графическая работа не предусмотрена.

12. Курсовой проект

В соответствии с действующим учебным планом курсовой проект не предусмотрен.

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

Компетенции формируются в процессе освоения образовательной программы последовательно и взаимосвязано. Показателями выработки этих компетенций являются результаты работы студента на лекциях и коллоквиумах, практических и лабораторных занятиях, а также при выполнении курсовой и самостоятельной работы.

Результаты обучения, этапы формирования и критерии оценивания компетенций приведены в приложении к рабочей программе.

Фонд оценочных средств: устный ответ на лекциях и коллоквиумах, отчеты по практическим заданиям и лабораторным работам, в том числе выполняемые с применением пакетов прикладных программ, курсовая работа, тестирование, экзамен. Типовые практические задания, тестовые материалы, вопросы к экзамену прилагаются к рабочей программе в ИОС.

Вопросы для зачета

1. Виды теплообмена, механизмы переноса тепла.
2. Феноменологический и статистический методы изучения электронагрева.
3. Температурное поле, температурный градиент; тепловой поток, коэффициент теплопроводности.
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности, его вывод.
5. Теплопроводность при стационарном режиме. Передача теплоты через стенку без внутренних источников теплоты, граничные условия первого рода.
6. Передача через стенку без внутренних источников теплоты, граничные условия третьего рода.
7. Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла.
8. Критический диаметр цилиндрической стенки.
9. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Постановка задачи.

10. Теплопроводность плоской пластины при наличии внутренних источников тепла.
11. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня при наличии внутренних источников тепла.
12. Нестационарные процессы теплопроводности. Общие положения, постановка задачи.
13. Нагрев (охлаждение) неограниченной пластины.
14. Охлаждение параллелепипеда. Количество теплоты, отданное в процессе охлаждения.
15. Стадии охлаждения (нагрева) тел.
16. Численные методы решения задач теплопроводности. Метод конечных разностей.
17. Применение метода конечных элементов для решения задач теплопроводности.
18. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий. Электротепловая аналогия.
19. Конвективный теплообмен. Основные понятия: теплоотдача, свободная и вынужденная конвекция.
20. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: уравнение энергии, уравнение движения, уравнение сплошности.
21. Гидродинамический и тепловой пограничный слой.
22. Ламинарный и турбулентный перенос теплоты и количества движения.
23. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена.
24. Уравнения подобия, критерии подобия. Условия подобия физических процессов.
25. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Ламинарный и турбулентный пограничный слой.
26. Теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах.
27. Неизотермические режимы движения жидкости и особенности теплообмена.
28. Теплоотдача при течении жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения.
29. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах.
30. Теплоотдача при свободном ламинарном и турбулентном движении жидкости вдоль вертикальной пластины.
31. Теплоотдача при свободном движении жидкости около горизонтальной трубы.
32. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.
33. Теплообмен в вертикальных и горизонтальных щелях.
33. Решение задач теплообмена при сложном процессе теплообмена в ограниченном пространстве.
34. Теплоотдача разреженных газов.
35. Теплоотдача при конденсации пара.

36. Тепловые трубы.
37. Теплообмен излучением. Основные понятия и определения.
38. Абсолютно черное, белое, прозрачное, зеркальное тело.
39. Уравнение теплового баланса для лучистого теплообмена.
40. Закон Планка.
41. Закон Релея-Джинса.
42. Закон Стефана-Больцмана.
43. Закон Кирхгофа.
44. Закон косинусов Ламберта.
45. Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.
46. Теплообмен между газом и поверхностью твердого тела.

Тестовые задания по дисциплине – приводятся в ИОС.

14. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО в данном курсе предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий (коллоквиумов в диалоговом режиме, дискуссий, компьютерных интерактивных занятий, разбор конкретных ситуаций, групповых дискуссий, результатов работы студенческих исследовательских групп, вузовских и межвузовских конференций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. На лекциях используются мультимедийные средства обучения.

Для выполнения указанных требований часы СРС используются для подготовки докладов (сообщений) на коллоквиумах, участия в дискуссии по рассмотренным на лекциях темах.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

Основная литература

1. Григорьев Б.А. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Григорьев Б.А., Цветков Ф.Ф.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011.— 562 с.— Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI155.html>.— ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа».

2. Мирам А.О. Техническая термодинамика. тепломассообмен: Учебное издание./А.О. Мирам. - М.: Издательство АСВ, 2011. - 352 с. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html> - ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа».

3. Кудинов И.В. Теоретические основы теплотехники. Часть II. Математическое моделирование процессов теплопроводности в многослойных ограждающих конструкциях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудинов И.В., Стефанюк Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самар-

ский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 422 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22627>.— ЭБС «IPRbooks».

Дополнительная литература

4. Акулич П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок [Электронный ресурс]: монография/ Акулич П.В.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2010.— 443 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12314>.— ЭБС «IPRbooks».

5. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Ягов В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2014.— 542 с.— Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI220>.— ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа».

6. Изучение теплофизических процессов и свойств веществ с использованием методов компьютерного моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Теория тепломассообмена»/ В.Н. Афанасьев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2013.— 84 с.— Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703837054.html>. — ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа».

7. Теплоотдача [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы «Конвективный теплообмен с элементами НИРС» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 270800 «Строительство», профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция»/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 12 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30363>.— ЭБС «IPRbooks».

8. Туманов Ю.Н. Электротехнологии нового поколения в производстве неорганических материалов [Электронный ресурс]: экология, энергосбережение, качество/ Туманов Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 807 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24446>.— ЭБС «IPRbooks».

Методические указания

9. Теория электронагрева [Текст] : метод. указания по проведению лаб. работ для студ., обучающихся по основной образоват. программе 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", профиль "Электротехнологические установки и системы" / Саратовский гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю. А. ; сост.: С. В. Тригорный, В. С. Алексеев. - Саратов : СГТУ, 2015. - 70 с. Имеется электронный аналог печатного издания. Экземпляров всего: 3.

10. Теория электронагрева [Электронный ресурс]: метод. указания по проведению лаб. работ для студ., обучающихся по основной образоват. программе 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", профиль "Электротехнологические установки и системы" / Саратовский гос. техн. ун-т им. Га-

гарина Ю. А.; сост.: С. В. Тригорлый, В. С. Алексеев. - Электрон. текстовые дан. - Саратов: СГТУ, 2015. –

Режим доступа:http://lib.sstu.ru/books/zak_93_15.pdf . –ЭБС «Электронная библиотека технического вуза».

Периодические издания

11. Вопросы электротехнологии: науч.-техн. журн. - Саратов: Саратовский гос. техн. ун-т им. Ю. А. Гагарина (архив 2013 – 2015), №1. – 4. ISSN 2309-6020.

12. Электричество: теорет. и науч.-практ. журн. - М.: МЭИ (архив 2010 -2012) - ISSN 0013-5380.

13. Автоматика и телемеханика: Российская Академия наук. - М.: Наука (архив 2010 -2013) - ISSN 0005-2310.

14. Электротехника: науч.-техн. журн. - М.: ЗАО "Знак" (архив 2010 - 2013) - ISSN 0013-5860.

15. Электроника. РЖ ВИНТИ (архив 2010 -2013) - ISSN 0203-5189

Интернет-ресурсы:

16. Библиотека СГТУ имени Гагарина Ю.А. - Режим доступа: <http://lib.sstu.ru>

17. Информационно-образовательная среда. - Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru>.

18. Электронный каталог Научно-технической библиотеки СГТУ. - Режим доступа: <http://irbis.sstu.ru>.

19. Электронный читальный зал Научно-технической библиотеки СГТУ. - Режим доступа: <http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib>

20. Министерство образования и науки Российской Федерации. - Режим доступа: <http://минобрнауки.рф>

21. Федеральный портал «Российское образование». - Режим доступа: <http://www.edu.ru/>

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

23. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. - Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/>

24. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. - Режим доступа: <http://fcior.edu.ru/>

Источники ИОС:

25. <https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/AEU/default.aspx>.

16. Материально-техническое обеспечение

Для проведения практических занятий и выполнения курсовой работы используется факультетский вычислительный класс, где используется программное обеспечение MathCAD 14.0 MO11 и Elcut 5.10 Student для математического моделирования электротехнологических процессов и установок, а также Microsoft Office Профессиональный плюс 2007, Adobe Acrobat Reader.

При проведении лекционных занятий используется аудитория с мультимедийным оборудованием.