

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

Кафедра «Электротехника и электроника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.3.9.1 «Теплообмен в электрических аппаратах»

направления подготовки ЭЛЭТ

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль 3 «Электрические и электронные аппараты»

форма обучения – очная
курс – 3
семестр – 6
зачетных единиц – 4
часов в неделю – 4
всего часов – 144,
в том числе:
лекции – 36
коллоквиумы – нет
практические занятия – 36
лабораторные занятия – нет
самостоятельная работа – 72
зачет с оценкой – 6 семестр
экзамен – нет
РГР – нет
курсовая работа – 6 семестр
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
«_____» _____ 2017 года, протокол № ____

Зав. кафедрой _____/А.Н. Павлов/

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН
«_____» _____ 2017 года, протокол № ____

Председатель УМКН _____/С.Г. Калганова /

Саратов 2017

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: изучение студентами видов теплообмена, процессов теплообмена в электрических аппаратах.

Задачи изучения дисциплины: освоение студентами теоретических основ теплообмена, методов моделирования процессов теплообмена в электрических аппаратах, основ тепловых расчетов электрических аппаратов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Теплообмен в электрических аппаратах» относится к профильным дисциплинам. 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.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ОК-7, ОПК-2, ПК-5,7:

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способностью 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);
- готовность обеспечить требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7).

Студент должен знать: теорию теплопередачи, виды теплообмена, происходящие в электрических аппаратах, методы тепловых расчетов электрических аппаратов.

Студент должен уметь: проводить численное моделирование тепловых процессов в электрических аппаратах, тепловые расчеты электрических аппаратов.

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

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-лок-виумы	Лабора-торные	Практи-ческие	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
6 семестр									
1	1	1	Общие определения и понятия	4	2	-	-	-	2
	2-5	2	Теплообмен теплопроводностью	36	8	-	-	10	18
	6-9	3	Конвективный теплообмен	32	8	-	-	8	16
	10	4	Теплоотдача разреженных газов	4	2	-	-	-	2
2	11-13	5	Теплообмен излучением	24	6	-	-	6	12
	14-16	6	Тепловой расчет электрических аппаратов	24	6	-	-	6	12
	17-18	7	Нестационарные процессы на-грева и охлаждения электриче-ских аппаратов.	20	4	-	-	6	10
Всего				144	36	-	-	36	72

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 [1-4], конспект лекций в ИОС
			Теплообмен в электрических аппаратах. Виды теплообмена. Феноменологический и статистический методы изучения теплопередачи. Температурное поле, температурный градиент; тепловой поток, коэффициент теплопроводности, дифференциальное уравнение теплопроводности, условия однозначности	
2	8	2-5	Теплообмен теплопроводностью	Литература [1- 4], 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 [1-4], 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 [1-4], конспект лекций в ИОС

1	2	3	4	5
2	2	4	Нестационарные процессы теплопроводности. Общие положения. Нагрев (охлаждение) неограниченной пластины. Охлаждение параллелепипеда. Количество теплоты, отданное в процессе охлаждения. Регулярный режим охлаждения.	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
2	2	5	Численные методы решения задач теплопроводности. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий, электротепловая аналогия	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
3	8	6-9	Конвективный теплообмен	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
3	2	6	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 [1-4], конспект лекций в ИОС
3	2	7	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 [1-4], конспект лекций в ИОС
3	2	8	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 [1-4], конспект лекций в ИОС
3	2	9	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 [1-4], конспект лекций в ИОС
4	2	10	Теплоотдача разреженных газов Особенности конвективного теплообмена при низких давлениях газа	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
5	2	11	Теплообмен излучением Основные понятия и определения. Абсолютно черное, белое, прозрачное, зеркальное тело. Основные параметры излучения.	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
5	2	12	Законы теплового излучения. Закон Планка, Релея-Джинса, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Закон косинусов Ламберта.	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
5	2	13	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой. Теплообмен между газом и поверхностью твердого тела	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС
6	2	14	Тепловой расчет электрических аппаратов Ограничение температуры нагрева элементов электрических аппаратов. Источники теплоты в электрических аппаратах. Виды теплопереноса в электрических аппаратах.	Литература [4-9], конспект лекций в ИОС

1	2	3	4	5
6	2	15	Задачи и стадии тепловых расчетов электрических аппаратов	Литература [4-9], конспект лекций в ИОС
6	2	16	Тепловой расчет обмоток электрических аппаратов	Литература [4-9], конспект лекций в ИОС
7	2	17	Нестационарные процессы нагрева и охлаждения электрических аппаратов Переходные тепловые режимы при включении аппарата под нагрузку током и при отключении тока	Литература [4-8], конспект лекций в ИОС
7	2	18	Режимы нагрева и термическая стойкость электрических аппаратов	Литература [4-9], конспект лекций в ИОС

6. Содержание коллоквиумов

В соответствии с действующим учебным планом коллоквиумы 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
2	2	1	<u>Теплообмен теплопроводностью.</u> Решение задач стационарной теплопроводности без внутренних источников тепла	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
2	2	2	Решение задач стационарной теплопроводности с внутренними источниками тепла (нагрев плоской пластины, нагрев кабелей)	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
2	2	3	Решение задач нестационарной теплопроводности аналитическими методами.	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
2	4	4,5	Решение задач нестационарной теплопроводности численными методами. Применение программного обеспечения ELCUT, Comsol Multiphysics для решения задач теплопроводности	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
3	2	6	<u>Конвективный теплообмен.</u> Решение задач конвективного теплообмена при свободном движении жидкости с использованием критериальных уравнений	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
3	2	7	Расчет теплоотдачи в ограниченном пространстве при естественной конвекции	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
3	2	8	Расчет задач конвективного теплообмена при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности.	Литература [1-8], конспект лекций в ИОС
3	2	9	Теплоотдача при движении жидкости в трубах	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
5	2	10	<u>Теплообмен излучением.</u> Решение задач при теплообмене излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС

1	2	3	4	5
5	4	11,12	Моделирование процессов теплообмена излучением в электрических аппаратах с применением пакета Comsol Multiphysics.	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
6	2	13	Тепловой расчет электрических аппаратов Тепловой расчет обмоток электрических аппаратов	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
6	4	14,15	Расчет нагрева токоведущих частей электрических аппаратов	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
7	2	16	Нестационарные процессы нагрева и охлаждения электрических аппаратов Применение аналитических методов для расчета переходных тепловых процессов	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
7	4	17,18	Моделирование нестационарных тепловых процессов в электрических аппаратах с применением пакетов ELCUT, Comsol Multiphysics	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС

8. Перечень лабораторных работ

В соответствии с действующим учебным планом лабораторные работы 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	<u>Общие определения и понятия</u> -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 [1-4], конспект лекций в ИОС
2	18	<u>Теплообмен теплопроводностью.</u> - 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 [1-4], конспект лекций в ИОС
3	16	<u>Конвективный теплообмен.</u> - Изучить физические процессы, происходящие в жидкостях и газах при свободной конвекции. - Изучить основы теории подобия.	Литература [1-4], конспект лекций в ИОС

		<ul style="list-style-type: none"> - 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 теплоотдача при движении жидкости в трубах 	
4	2	<p style="text-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	12	<p style="text-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 [1-4], конспект лекций в ИОС
6	12	<p style="text-align: center;"><u>Тепловой расчет электрических аппаратов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить, от чего зависит максимально допустимая температура нагрева элементов электрических аппаратов. - Изучить все виды источников теплоты в электрических аппаратах. - Изучить виды теплопереноса в электрических аппаратах. 	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС
7	10	<p style="text-align: center;"><u>Нестационарные процессы нагрева и охлаждения электрических аппаратов</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить применение аналитических и численных методов для расчета переходных тепловых процессов в электрических аппаратах. - Изучить возможности применением пакетов ELCUT, Comsol Multiphysics для моделирование нестационарных тепловых процессов в электрических аппаратах 	Литература [1-9], конспект лекций в ИОС

Проверка выполнения СРС: качество освоения материалов оценивается на практических, лабораторных занятиях и коллоквиумах.

10. Расчетно-графическая работа

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

11. Курсовая работа

Цель курсовой работы – научить студентов использовать современный численный метод математического моделирования тепловых процессов – метод конечных элементов и соответствующее программное обеспечение для решения задач теплообмена в электрических аппаратах.

В ходе работы решаются следующие основные задачи:

- определяется средний коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности от ее температуры при свободной и вынужденной конвекции воздуха;
- вычисляется мощность внутренних источников теплоты в активной части электрических аппаратов, при которой температура аппарата не превышает допустимой величины;
- с помощью метода конечных элементов исследуется влияние различных факторов на нестационарные процессы нагрева электрических аппаратов (влияние теплофизических характеристик материалов, условий теплообмена с окружающей средой).

Методические указания к выполнению курсовой работы «Моделирование процессов теплообмена в программной среде ELCUT» приведены в ИОС по данной дисциплине. При выполнении данной работы используются следующая литература [1 –9] (см. раздел 15).

12. 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 практических 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, отчеты по практическим заданиям, 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. Неизоизотермические 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. Теплообмен излучением. Основные понятия и определения.

36. Абсолютно черное, белое, прозрачное, зеркальное тело.

37. Уравнение теплового баланса для лучистого теплообмена.

38. Закон Планка.

39. Закон Релея-Джинса.

40. Закон Стефана-Больцмана.

41. Закон Кирхгофа.

42. Закон косинусов Ламберта.

43. Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.

44. Теплообмен между газом и поверхностью твердого тела.

45. Ограничение температуры нагрева элементов электрических аппаратов.

46. Источники теплоты в электрических аппаратах.

47. Виды теплопереноса в электрических аппаратах.

48. Задачи и стадии тепловых расчетов электрических аппаратов.

49. Тепловой расчет обмоток электрических аппаратов.

50. Переходные тепловые режимы при включении аппарата под нагрузку током и при отключении тока.

Вопросы для экзамена

Не предусмотрены (экзамен не предусмотрен учебным планом)

Тестовые задания по дисциплине – приводится 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: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 422 с.—

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

Дополнительная литература

4. Основы теории электрических аппаратов [Текст]: Учеб. для вузов по спец. "Электрические аппараты" / И. С. Таев, Б. К. Буль, А. Г. Годжелло ; под ред. И. С. Таева. - М. : Высшая школа, 1987. - 352 с. Экземпляров всего: 31.

5. Сипайлова Н.Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сипайлова Н.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34657>.— ЭБС «IPRbooks».

Методические указания

6. Электрические аппараты [Электронный ресурс]: методические указания к практическим работам/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.— 13 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57625>.— ЭБС «IPRbooks».

7. Электрические и электронные аппараты [Электронный ресурс]: методические указания к курсовой работе для студентов по направлению подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки «Электропривод и автоматика» очной и очно-заочной форм обучения/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный техни-

ческий университет, ЭБС АСВ, 2013.— 49 с.— Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/22949>.— ЭБС «IPRbooks».

8. Титков В.В. Компьютерные технологии. Comsol Multiphysics в задачах энергетики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Титков В.В., Янчус Э.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2012.— 184 с.— Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/43951>.— ЭБС «IPRbooks».

9. 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. Гагарина 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

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

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

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

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

Интернет-ресурсы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Источники ИОС:

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.

Рабочую программу составил: к.т.н., доцент каф. ЭТЭ,

_____ /С.В. Тригорлый/

« ___ » _____ 201_ года

17. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры
« ___ » _____ 201_ года, протокол № _____

Зав. кафедрой _____ /А.Н. Павлов/

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКН
« ___ » _____ 201_ года, протокол № _____

Председатель УМКН _____ /С.Г. Калганова /

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

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе
по дисциплине

Б.1.3.8.1 «Теплообмен в электрических аппаратах»
направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электрические и электронные аппараты»

форма обучения – очная
курс – 3
семестр – 6
зачетных единиц – 4
часов в неделю – 4
всего часов – 144,
в том числе:
лекции – 36
коллоквиумы – нет
практические занятия – 36
лабораторные занятия – нет
самостоятельная работа – 72
зачет с оценкой – 6 семестр
экзамен – нет
РГР – нет
курсовая работа – 6 семестр
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
« ____ » _____ 2017 года, протокол № ____

Зав. кафедрой _____ /А.Н. Павлов/

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН
« ____ » _____ 2017 года, протокол № ____

Председатель УМКН _____ /С.Г. Калганова /

Саратов 2017

1. Формируемые компетенции и результаты обучения по дисциплине

Перечень задач по видам деятельности, на решение которых направлено обучение по Научно-исследовательская деятельность:

1. Применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.
2. Применение методов математического моделирования для обработки результатов экспериментов.

Проектно-конструкторская деятельность:

1. Использовать методы моделирования при проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.
2. Проводить обоснование проектных решений.

Составляющие компетенций

Компетенции по учебному плану: ОК-7, ОПК-2, ПК-5,7

Название и шифр компетенции	Шифр составных частей	Составные части
1	2	3
Способность к самоорганизации и саморазвитию (ОК-7)	-	-
Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)	А	Применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач
	Б	Применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5)	-	-
готовность обеспечить требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7)	-	-

Результаты обучения

Результат обучения (код)	Определение	Возможные доказательства	Примеры заданий
1	2	3	4
Знание и понимание			
Знание (a1)	Студент помнит или распознает информацию/идеи/события в приблизительном порядке и форме, в которой они были заучены	Повторение или распознавание информации составить список, выделить, рассказать, показать, назвать Студент приводит цитаты из текста, воспроизводит нужные схемы, ссылается на авторов, прикладывает соответствующую документацию, пишет перечень	составить список видов теплообмена; выделить основные этапы решения задачи теплопроводности; рассказать о теории подобия; показать взаимосвязь процессов тепло- и массопереноса; назвать основные законы теплообмена излучением
Понимание (a2)	Студент преобразует, интерпретирует информацию, ухватывает значение, определяет ключевые пункты	Схватывание (понимание) смысла информационных материалов. Может описать, объяснить, определить признаки, сформулировать по-другому. Студент резюмирует события, составляет конспект (реферат) текста, пересказывает, объясняет	описать процессы теплопроводности с внутренними источниками тепла; объяснить , что такое конвективный теплообмен; определить признаки турбулентного движения жидкости; сформулировать задачи тепловых расчетов электрических аппаратов
Интеллектуальные навыки			
Применение (b1)	Студент выбирает, передает и использует идеи в новых, незнакомых ситуациях или с новым подходом	Применение в сходной ситуации применить, проиллюстрировать, решить. Студент использует идеи модуля для объяснения событий, оценки влияния действия или толкования причин событий	применить численные методы для решения задачи нестационарной теплопроводности; проиллюстрировать влияние коэффициента теплопроводности плоской стенки на распределение поля температуры; решить задачу нестационарной теплопроводности для электрического аппарата

Результат обучения (код)	Определение	Возможные доказательства	Примеры заданий
1	2	3	4
Анализ (b2)	Студент разбивает материал на составные части, связывает предположения, факты и события со структурой	Определение элементов и структуры проанализировать, проверить, провести эксперимент, организовать, сравнить, выявить различия. Студент применяет идеи курса для структурирования событий или ситуаций на рабочем месте, использует схемы, снабженные комментариями, сравнивает и противопоставляет, указывает на различия.	<p>Проанализировать влияние теплофизических характеристик материала на процесс нагрева;</p> <p>проверить устойчивость разностной схемы решения задачи теплопроводности;</p> <p>провести эксперимент по проверке математической модели;</p> <p>организовать обсуждение полученных результатов математического моделирования;</p> <p>сравнить результаты моделирования, полученные различными методами;</p> <p>выявить различия в скорости охлаждения электрического аппарата при свободной и вынужденной конвекции</p>
Синтез (b3)	Студент по-новому сочетает идеи	Соединение элементов по-новому: создать, придумать дизайн, разработать, составить план. Студент устанавливает связи между одной или двумя идеями модуля, переделывает схемы для их более полного соответствия реальной ситуации, дает рекомендации для действий, разрабатывает план или предлагает изменения для существующего метода работы	<p>Создать математическую модель нагрева электрического аппарата;</p> <p>придумать дизайн программного комплекса для тепловых расчетов электрических аппаратов;</p> <p>разработать численный алгоритм расчета задачи теплопроводности с учетом изменения тепловых свойств от температуры</p> <p>составить план действий по оценке адекватности используемых тепловых моделей</p>
Оценка (b4)	Студент оценивает или судит о ценности	Сравнительная оценка значимости на основе критериев, может представить аргументы, защитить точку зрения, доказать, спрогнозировать. Студент определяет, что он узнает о самом себе, других или организации в результате анализа, демонстрирует понимание относительной важности идеи и ее составных частей, критикует теорию или поддерживает ее	<p>представить аргументы в пользу адекватности полученных результатов расчетов;</p> <p>защитить точку зрения о целесообразности использования аналитических или численных методах решения задачи теплопроводности для конкретного случая;</p> <p>доказывает справедливость полученных результатов моделирования;</p> <p>дает прогноз о целесообразности того или иного метода теплового расчета</p>

Результат обучения (код)	Определение	Возможные доказательства	Примеры заданий
1	2	3	4
Практические навыки			
Инженерный анализ (с1)	Студент разбивает инженерные решения на составные части, находит недостающую информацию, формирует структуру технической системы или процесса.	Способен применять фундаментальные знания для поиска новых и новейших технологий в сфере специализации. Способен применять методы математического и компьютерного моделирования для решения поставленных задач в области специализации, способность оценить их ограничения. Способность находить необходимые данные для решения неизвестных задач и применять, в случае необходимости, методы компьютерного моделирования.	Провести компьютерное моделирование тепловых процессов для различных объектов
Инженерное проектирование (с2)	Студент формирует технические решения в инженерной области.	Знание и всестороннее понимание процессов и методов проектирования и способность применять их в нестандартных ситуациях.. Способность создавать новые продукты, системы, компоненты, процессы для удовлетворения нужд общества	Создать компьютерную программу для проектирования элементов конструкции электрических аппаратов
Переносимые навыки			
(d1)	Студент формирует суждения о возможности расширенного использования принятых решений и о последствиях реализации решений в смежных областях знаний	Понимание принципов ведения инженерной практики и возможных ограничений, понимание применяемых методик, методов и их ограничений, учитывает экономические, технологические экологические нравственные последствия реализации принятых решений	Приобрести навыки четкого изложения собственной точки зрения в устной или письменной форме, выработать навыки критического оценивания различных точек зрения

2. Таблица формирования результатов обучения по дисциплине по компетенциям при реализации ООП

Шифр компетенции и составляющих компетенции	Результаты обучения по дисциплине								
	Знание и понимание		Интеллектуальные навыки				Практические навыки		Переносимые навыки
	a1	a2	b1	b2	b3	b4	c1	c2	d1
ОК-7	+	+		+	+	+	+	+	
ОПК-2.А	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ОПК-2.Б	+	+		+			+		+
ПК-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-7	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Компетенции	Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)	<p>Знать: показатели уровня и объема знаний по теплообмену в электрических аппаратах, современные тенденции развития и обновления информации в данной области, основные индикаторы, указывающие на «устаревание» имеющихся знаний.</p> <p>Уметь: оценить собственный уровень и объем знаний, необходимый для эффективной профессиональной деятельности в области теплообмена в электрических аппаратах, выявлять предполагаемую собственную неосведомленность.</p> <p>Владеть: способностью мотивированно и объективно оценить собственный уровень знаний и умений в области теплообмена в электрических аппаратах</p>	Лекции, практические занятия, выполнение курсовой работы, самостоятельная работа.	Устный ответ, отчет по практическим занятиям, защита курсовой работы, зачет.

Компетенции	Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства
Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)	<p>Знать: физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении задач теплообмена в электрических аппаратах.</p> <p>Уметь: использовать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении задач теплообмена в электрических аппаратах.</p> <p>Владеть: физико-математическим аппаратом, методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении задач теплообмена в электрических аппаратах.</p>	Лекции, практические занятия, выполнение курсовой работы, самостоятельная работа.	Устный ответ, отчет по практическим занятиям, защита курсовой работы, зачет.
Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5)	<p>Знать: методы определения параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Уметь: использовать методы расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Владеть: методами расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p>	Лекции, практические занятия, выполнение курсовой работы, самостоятельная работа.	Устный ответ, отчет по практическим занятиям, защита курсовой работы, зачет.
Готовность обеспечить требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7)	<p>Знать: методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах</p> <p>Уметь: использовать методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p> <p>Владеть: методами обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p>	Лекции, практические занятия, выполнение курсовой работы, самостоятельная работа.	Устный ответ, отчет по практическим занятиям, защита курсовой работы, зачет.

3. Индикаторы сформированности компетенций по уровням

	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Основные признаки уровня освоения компетенции (дескрипторы)
1	2	3	4
1	Пороговый уровень	Обязательный для всех студентов-выпускников вуза по завершении освоения ООП ВО	способность решать известные, не многофакторные задачи, не имеющие далеко идущих последствий, часто встречающиеся, требующие практического знания, известными способами, описанными в стандартах (ФГОС ВО)
2	Продвинутый уровень	Превышение минимальных характеристик сформированности компетенции для выпускника вуза	способность решать известные задачи, не имеющие далеко идущих последствий, часто встречающиеся, но имеющие множество ограничений, с несколькими группами заинтересованных сторон, зачастую способами, выходящими за рамки стандартов
3	Превосходный уровень	Максимально возможная выраженность компетенции, важен как качественный ориентир для самосовершенствования	способность решать задачи, принадлежащие известному семейству задач, с множеством конфликтующих ограничений, с несколькими группами заинтересованных сторон, последствия которых могут превышать локальную важность, зачастую способами, выходящими за рамки стандартов.

Компетенция	Основные признаки уровня освоения компетенции (дескрипторы)		
	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Превосходный уровень
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)	<p>Знать: необходимый при выполнении профессиональной деятельности уровень и объем знаний в области теплообмена в электрических аппаратах, не в полном объеме современные тенденции развития и обновления информации в данной области, основные индикаторы, указывающие на «устаревание» имеющихся знаний.</p> <p>Уметь: частично оценить собственный уровень и объем знаний, необходимый для эффективной профессиональной деятельности в области теплообмена в электрических аппаратах, неполно выявлять предполагаемую собственную неосведомленность.</p> <p>Владеть: достаточной способностью мотивированно и объективно оценить собственный уровень знаний и умений в области теплообмена в электрических аппаратах.</p>	<p>Знать: необходимый при выполнении профессиональной деятельности уровень и объем знаний в области теплообмена в электрических аппаратах, в достаточном объеме современные тенденции развития и обновления информации в данной области, основные индикаторы, указывающие на «устаревание» имеющихся знаний.</p> <p>Уметь: объективно оценить собственный уровень и объем знаний, необходимый для эффективной профессиональной деятельности в области теплообмена в электрических аппаратах, на достаточном уровне выявлять предполагаемую собственную неосведомленность.</p> <p>Владеть: средней способностью мотивированно и объективно оценить собственный уровень знаний и умений в области теплообмена в электрических аппаратах.</p>	<p>Знать: необходимый при выполнении профессиональной деятельности уровень и объем знаний в области теплообмена в электрических аппаратах, в полном объеме современные тенденции развития и обновления информации в данной области, основные индикаторы, указывающие на «устаревание» имеющихся знаний.</p> <p>Уметь: высоко оценить собственный уровень и объем знаний, необходимый для эффективной профессиональной деятельности в области теплообмена в электрических аппаратах, в полном объеме выявлять предполагаемую собственную неосведомленность.</p> <p>Владеть: в полной мере способностью мотивированно и объективно оценить собственный уровень знаний и умений в области теплообмена в электрических аппаратах.</p>

Компетенция	Основные признаки уровня освоения компетенции (дескрипторы)		
	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Превосходный уровень
Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)	<p>Знать: физико-математический аппарат для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах.</p> <p>Уметь: использовать физико-математический аппарат для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах</p> <p>Владеть: способностью применять физико-математический аппарат для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах.</p>	<p>Знать: физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах.</p> <p>Уметь: использовать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах.</p> <p>Владеть: способностью применять физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах.</p>	<p>Знать: физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах.</p> <p>Уметь: использовать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах</p> <p>Владеть: физико-математическим аппаратом, методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения задач в области теплообмена в электрических аппаратах</p>
Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5)	<p>Знать: основные методы определения параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Уметь: использовать не в полном объеме основные методы расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Владеть: не в полном объеме основными методами расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p>	<p>Знать: основные методы определения параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Уметь: использовать основные методы расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Владеть: основными методами расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p>	<p>Знать: современные методы определения параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Уметь: использовать в полном объеме современные методы расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p> <p>Владеть: в полном объеме современными методами расчета параметров тепловых режимов электрических аппаратов.</p>

Компетенция	Основные признаки уровня освоения компетенции (дескрипторы)		
	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Превосходный уровень
Готовность обеспечить требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7)	<p>Знать: основные методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах</p> <p>Уметь: использовать не в полном объеме основные методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p> <p>Владеть: не в полном объеме основными методами обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p>	<p>Знать: основные методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах</p> <p>Уметь: использовать основные методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p> <p>Владеть: основными методами обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p>	<p>Знать: современные методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах</p> <p>Уметь: использовать в полном объеме современные методы обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p> <p>Владеть: в полном объеме современными методами обеспечения требуемых режимов и заданных параметров тепловых процессов в электрических аппаратах.</p>

4. Содержание лекционного курса

№ темы	№ лекции	Формируемые составляющие компетенции и результаты обучения (код)
1	2	3
1	1	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2)
2	2	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
2	3	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
2	4	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
2	5	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
3	6	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
3	7	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
3	8	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
3	9	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
4	10	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
5	11	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
5	12	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
5	13	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
6	14	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
6	15	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
6	16	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
7	17	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)
7	18	ОК-7 (a1,a2); ОПК-2.А (a1, a2); ОПК-2.Б (a1, a2); ПК-5(a1, a2); ПК-7(a1, a2)

5. Перечень практических занятий

№ темы	№ занятия	Формируемые составляющие компетенции и результаты обучения (код)
1	2	3
2	1	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
2	2	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
2	3	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
2	4	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
2	5	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
3	6	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
3	7	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
3	8	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
3	9	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
5	10	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)

5	11	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
5	12	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
6	13	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
6	14	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
6	15	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
7	16	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
7	17	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
7	18	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)

6. Перечень лабораторных работ

В соответствии с действующим учебным планом лабораторные работы не предусмотрены.

7. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Формируемые составляющие компетенции и результаты обучения (код)
1	2	3	4
1	2	Общие определения и понятия: -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	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)
2	18	Теплообмен теплопроводностью: - 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	ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)

1	2	3	4
3	16	<p>Конвективный теплообмен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить физические процессы, происходящие в жидкостях и газах при свободной конвекции. <li style="padding-left: 20px;">- 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 	<p>ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)</p>
4	2	<p>Теплоотдача разреженных газов:</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. 	<p>ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)</p>
5	12	<p>Теплообмен излучением:</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. 	<p>ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)</p>
6	12	<p>Тепловой расчет электрических аппаратов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить, от чего зависит максимально допустимая температура нагрева элементов электрических аппаратов. - Изучить все виды источников теплоты в электрических аппаратах. - Изучить виды теплопереноса в электрических аппаратах. 	<p>ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)</p>
7	10	<p>Нестационарные процессы нагрева и охлаждения электрических аппаратов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Изучить применение аналитических и численных методов для расчета переходных тепловых процессов в электрических аппаратах. - Изучить возможности применением пакетов ELCUT, Comsol Multiphysics для моделирование нестационарных тепловых процессов в электрических аппаратах 	<p>ОК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1)</p>

8. Курсовая работа

Методические указания по выполнению курсовой работы «Моделирование процессов теплообмена в программной среде ELCUT» приведены в ИОС по данной дисциплине. При выполнении данной работы используются следующая литература [1 – 9]. В результате выполнения курсовой работы **формируемые составляющие компетенции:** ОК-7

(a2,b2, b3,b4, c1,c2); ОПК-2.А (a2,b2, b3,b4, c1,c2,d1); ОПК-2.Б (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-1 (a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-5(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1); ПК-7(a2,b2, b3,b4, c1,c2, d1).

9. Интерактивные методы обучения

(компьютерные симуляции деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, тренинги)

Вид занятия	Вид интерактивного метода обучения (имя файла ИОС)	Часы
Лекции	Использование мультимедийного оборудования, программ MathCAD 14.0 и ELCUT; https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/EFE/13.03.02-3/B.1.3.8.1-6/default.aspx	36
Практические занятия	Решение задач с применением программ MathCAD и ELCUT	36