

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

Кафедра «Электроснабжение и электротехнологии»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

### **Б.1.2.12 «Моделирование технологических процессов в электротехнологических установках и системах»**

направления подготовки

*13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»*

профиль «Электротехнологические установки и системы»

форма обучения – очная

курс – 4

семестр – 8

зачетных единиц – 4

часов в неделю – 7

всего часов – 144,

в том числе:

лекции – 27

коллоквиумы – 2

практические занятия – 36

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 81

зачет – нет

экзамен – 8 семестр

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Цель преподавания дисциплины:** формирование знаний о принципах моделирования технологических процессов, происходящих в электротермических установках и системах

### **Задачи изучения дисциплины:**

- изучение основных этапов математического моделирования электротермических процессов;
- изучение методов расчета электротермических процессов;
- получение навыков компьютерного моделирования электротермических процессов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Моделирование технологических процессов в ЭТУС» относится к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» бакалаврской подготовки по профилю «Электротехнологические установки и системы».

Данная дисциплина имеет содержательно-методическую взаимосвязь с базовыми дисциплинами «Высшая математика», «Информатика», «Физика», «Численные методы решения задач электродинамики и тепломассопереноса», «Теория электронагрева».

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

- умение решать задачи математической физики (дифференциальные уравнения в частных производных);
- владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, использовать компьютер как средство работы с информацией;
- владеть основами численных методов решения задач электродинамики и тепломассопереноса.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ОПК-2,3, ПК-2, 5, 7:

- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2);
- способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3);
- способность обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2);
- готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5);
- готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры

технологического процесса по заданной методике (ПК-7).

**Студент должен знать:** основы математического моделирования электротермических процессов, включая постановку задач математического моделирования и методы их решения.

**Студент должен уметь:** проводить численные эксперименты по моделированию электротермических процессов, происходящих в электротехнологических установках.

**Студент должен владеть:** аналитическими и численными методами решения электродинамики и тепломассообмена, компьютерными технологиями в области моделирования электротермических процессов.

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

№ Мо-ду-ля	№ Не-дели	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Колло-квиумы	Лабора-торные	Практи-ческие	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
<b>8 семестр</b>									
1	1-2	1	Основы математического моделирования электротермических процессов	16	4	-	-	2	10
	3-7	2	Методы решения самосогласованных задач электродинамики, тепломассопереноса и термомеханики	28	6	-	-	6	16
	8-11	3	Моделирование процессов термообработки материалов в электропечах сопротивления и индукционных установках	40	6	-	-	12	22
2	12-15	4	Моделирование процессов нагрева и сушки в установках диэлектрического нагрева	43	8	-	-	10	25
	16-18	5	Задачи оптимизации и управления электротермическими процессами и установками	17	3	-	-	6	8
<b>Всего</b>				<b>144</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>81</b>

#### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	4	1	Основы математического моделирования электротермических процессов	Литература [1-, 3, 9], конспект лекций в ИОС
2	6	2	Методы решения самосогласованных задач электро-	Литература [1-

			динамики, тепломассопереноса и термомеханики	10], конспект лекций в ИОС
3	6	3	Моделирование процессов термообработки материалов в электропечах сопротивления и индукционных установках	Литература [1-15], конспект лекций в ИОС
4	6	4	Моделирование процессов нагрева и сушки в установках диэлектрического нагрева	Литература [1-3, 9, 10], конспект лекций в ИОС
5	3	5	Задачи оптимизации и управления электротермическими процессами и установками	Литература [1-3, 9,10], 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
1	8	1-4	Моделирование стационарных тепловых процессов объектов при наличии внутренних источников тепла (электронагрев, диэлектрический нагрев)	Литература [1-9, 10, 11], конспект лекций в ИОС, комплекс компьютерных программ
2	12	5-10	Математическое моделирование процессов термообработки объектов в электропечах сопротивления и в индукционных установках	Литература [1-9, 10, 11], конспект лекций в ИОС, комплекс компьютерных программ
3	5	11,12	Математическое моделирование самосогласованных процессов электродинамики и теплопроводности в установках диэлектрического нагрева	
4	5	13-15	Математическое моделирование процессов СВЧ сушки в камерах бегущей волны	
5	6	16-18	Решение оптимизационных задач при нагреве диэлектриков в СВЧ установках с камерами лучевого типа	

### 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	10	Этапы математического моделирования. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Особенности математических моделей различных иерархических уровней проектирования электротермических установок	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС

1	2	3	4
2	16	Самосогласованная краевая задача электродинамики, тепломассопереноса и термомеханики. Общий подход к решению самосогласованных задач.	Литература [1-3, 9, 10], конспект лекций в ИОС
3	22	Методы решения задач теплопроводности. Численные методы: метод конечных разностей и метод конечных элементов. Тепломассоперенос в процессах сушки. Моделирование процессов термообработки металлов в индукционных установках.	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
4	25	Моделирование процессов нагрева и сушки при сверхвысокочастотной термообработки диэлектриков.	Литература [1-3, 9], конспект лекций в ИОС
5	8	Оптимизация процессов сверхвысокочастотной термообработки диэлектриков.	Литература [1-3, 9, 10], конспект лекций в ИОС

### **10. Расчетно-графическая работа**

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

### **11. Курсовая работа**

В соответствии с действующим учебным планом курсовая 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, лабораторных занятиях, а также при выполнении 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 лабораторным работам, тестовые материалы, экзамен.

Типовые задания, тестовые материалы, вопросы к экзамену прилагаются к рабочей программе в ИОС.

### **Вопросы для экзамена**

1. Преимущества математического моделирования (ММ) по сравнению с физическим.
2. Этапы математического моделирования.
3. Прямые и обратные задачи ММ. Класс обратных задач.

4. Типовые процедуры проектирования ЭТУС.
5. Структурный и параметрический синтез.
6. Особенности ММ различных иерархических уровней проектирования ЭТУС.
7. Тенденции развития СВЧ технологий и их математических моделей.
8. Самосогласованная краевая задача электродинамики, тепломассопереноса и термомеханики.
9. Общий подход к решению самосогласованных задач.
10. Нагрев диэлектриков в СВЧ рабочих камерах лучевого типа (КЛТ).
11. Двумерные и осесимметричные модели теплопроводности для случая термообработки в СВЧ камерах лучевого типа.
12. Тепломассоперенос в процессах сушки.
13. Диффузия, термодиффузия, бародиффузия.
14. Аналогия процессов тепло- и массопереноса.
15. Особенности кондуктивной, конвективной и диэлектрической сушки.
16. Преимущества СВЧ сушки.
17. Решение краевой задачи тепломассопереноса при сушки объекта в поле СВЧ.
18. Оптимизация процессов СВЧ термообработки диэлектриков.
19. Управление внутренними источниками тепла при СВЧ обработке диэлектриков.
20. Оптимизация нагрева диэлектриков стационарными и подвижными СВЧ излучающими системами.
21. Моделирование процессов термообработки металлов в индукционных установках.

#### **14. Образовательные технологии**

В данном курсе предусматривается использование активных и интерактивных форм проведения занятий (дискуссий, разбор конкретных ситуаций, групповых дискуссий) 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 к лабораторным занятиям, участия в дискуссии по рассмотренным на лекциях темах.

#### **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

##### *Основная литература*

1. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>.— ЭБС «IPRbooks».

2. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маликов Р.Ф.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2010.— 368 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12015>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Данилов А.М. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Данилов А.М., Гарькина И.А., Домке Э.Р.— Электрон. текстовые данные.— Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2011.— 296 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23100>.— ЭБС «IPRbooks».

### *Дополнительная литература*

4. Заводинский В.Г. Компьютерное моделирование наночастиц и наносистем [Электронный ресурс]/ Заводинский В.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 176 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24421>.— ЭБС «IPRbooks».

5. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Матюшкин И.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2011.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13280>.— ЭБС «IPRbooks».

6. Тупик Н.В. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тупик Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 230 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13016>.— ЭБС «IPRbooks».

7. Склярова Е.А. Компьютерное моделирование физических явлений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Склярова Е.А., Малютин В.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2012.— 152 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34668>.— ЭБС «IPRbooks».

8. Завьялов В.А. Математические основы управления технологическими процессами [Электронный ресурс]: конспект лекций/ Завьялов В.А., Величкин В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 116 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/38471>.— ЭБС «IPRbooks».

9. Архангельский, Ю. С. Компьютерное моделирование СВЧ электро-термических процессов и установок [Текст] / Ю. С. Архангельский, С. В. Тригорлый; Саратов. гос. техн. ун-т; Саратов. гос. техн. ун-т (Саратов) . - Саратов: СГТУ, 2006. - 212 с. Экземпляров всего: 5.

### *Методические указания*

10. Моделирование технологических процессов в ЭТУС [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. Тригорлый, В. С. Алексеев. - Саратов: СГТУ, 2015. - 67 с. – Экземпляров всего: 3.

11. Моделирование технологических процессов в ЭТУС [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; сост.: С. В. Тригорлый, В. С. Алексеев. - Электрон. текстовые дан. - Саратов: СГТУ, 2015. - 1 эл. опт. диск (CD-RW): ил., табл. - Систем. требования: 128 МБ ОЗУ; 4x CD-ROM дисковод; Microsoft Office 2003 и выше; ПК Pentium III или выше. - б. ц.

Диск помещен в контейнер 14X12 см. Электронный аналог печатного издания. Режим доступа: [http://lib.sstu.ru/books/zak\\_86\\_15.pdf](http://lib.sstu.ru/books/zak_86_15.pdf).

### ***Периодические издания***

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

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

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

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

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

### ***Источники ИОС:***

17. <https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/AEU/13.03.02-2/b.1.2.13/default.aspx>

## **16. Материально-техническое обеспечение**

Для проведения лабораторных занятий используются специализированные лаборатории с демонстрационными стендами и вычислительный класс. Лабораторные занятия проводятся в факультетском вычислительном классе, где используется программное обеспечение (Windows 7, Microsoft Office Профессиональный плюс 2007, Mathcad 14.0 M011, Elcut 5.10 Student) для математического моделирования электротехнологических процессов м установок.

При проведении лекционных занятий используется аудитория с мультимедийным оборудованием.