

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Марлик Екатерина Петровна

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 17.07.2023 10:52:09

Уникальный программный ключ:

7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**  
**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов  
имени академика И.Ф. Бородина

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячкина

  
И.Ю. Игнаткин

“31” \_\_\_\_\_ 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.31 «Электротехнологии»

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 35.03.06 Агроинженерия

Направленности: Электрооборудование и электротехнологии;

Автоматизация и роботизация технологических процессов

Курс 3

Семестр 6

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022 г.

Москва, 2022

Разработчик: Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«29» «августа» 2022 г.

Рецензент: Загинайлов В.И., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«29» «августа» 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина протокол № 01 «29» августа 2022 г.

Заведующий кафедрой Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

**Согласовано:**

/ Председатель учебно-методической комиссии Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Протокол № 01 «30» августа 2022 г.

Заведующий выпускающей кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«29» «августа» 2022 г.

/ Заведующий отделом комплектования ЦНБ Смирнова Л.В.

(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ .....	4
1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В СЕМЕСТРЕ .....	9
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.3 ЛЕКЦИИ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ/ ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	15
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	21
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	23
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	24
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	24
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	32
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	33
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	33
Ссылка на полный текст: <a href="https://e.lanbook.com/book/169058">https://e.lanbook.com/book/169058</a> .....	33
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	33
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	34
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	34
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	34
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....	35
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	36
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	37
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	39

## Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.31 «Электротехнологии» для подготовки бакалавров по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов

**Цель освоения дисциплины:** формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретических и практических знаний основных законов естественнонаучных дисциплин, необходимых для решения типовых и стандартных задач при расчете и выборе нагревательных электроустановок и приобретение умений и навыков в области использования современных технологий по обеспечению работоспособности нагревательных электроустановок в сельскохозяйственном производстве; изучения методов экспериментальных исследований и испытаний нагревательных электроустановок с применением информационно-коммуникационных технологий; применение базовых знаний современных цифровых технологий, используемых при расчете и выборе нагревательных электроустановок; развитие технической направленности мышления студентов.

Приобретение навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др.

Приобретение студентами умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть Блока I «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1).

**Краткое содержание дисциплины:**

Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Основы динамики электронагрева. Классификация электротермических установок. Основные положения расчета электронагревательных установок. Поверочный и конструктивный расчеты. Полный расчет. Тепловой расчет. Уравнение теплового баланса. Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева. Способы электрического нагрева сопротивлением. Электрическое сопротивление проводников. Электродный нагрев. Материалы электродов. Расчет электродных нагревательных устройств. Определение требуемой мощности и конструктивных параметров электродной системы. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей. Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубчатые электрические нагреватели. Особенности расчета стальных нагревателей. Расчет устройств на базе нагревательных проводов и кабе-

лей. Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги. Индукционный нагрев. Режимы индукционного нагрева. Основные характеристики индуктора. Выбор источника питания индукционного нагрева. Диэлектрический нагрев. Основы диэлектрического нагрева и его особенности. Выбор частоты и напряженности электрического поля при диэлектрическом нагреве. Источники питания установок диэлектрического нагрева. Термоэлектрический нагрев и охлаждение.

**Общая трудоемкость дисциплины: 5 зач. ед. (180 часов).**

**Промежуточный контроль: экзамен.**

### **1. Цели освоения дисциплины**

**Целью освоения дисциплины «Электротехнологии»** является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретических и практических знаний основных законов естественнонаучных дисциплин, необходимых для решения типовых и стандартных задач при расчете и выборе нагревательных электроустановок и приобретение умений и навыков в области использования современных технологий по обеспечению работоспособности нагревательных электроустановок в сельскохозяйственном производстве; изучения методов экспериментальных исследований и испытаний нагревательных электроустановок с применением информационно-коммуникационных технологий; применение базовых знаний современных цифровых технологий, используемых при расчете и выборе нагревательных электроустановок; развитие технической направленности мышления студентов.

Приобретение навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др.

Приобретение студентами умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

### **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Электротехнологии» включена в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Дисциплина «Электротехнологии» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов.

Предшествующим и курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электротехнологии» являются математика (1 курс, 1-2 семестры; 2 курс, 3 семестр), введение в профессиональную деятельность (1 курс, 2 семестр), физика (1 курс, 2 семестр; 2 курс, 3-4 семестры), информатика и цифровые технологии (1 курс, 2 семестр; 2 курс, 3 семестр), компьютерное проектирование (2 курс, 3 семестр), теоретические основы электротехники (2 курс, 3-4 семестры), электрические машины (3 курс, 5-6 семестры), электронная техника (3 курс, 5 семестр), теплотехника (3 курс, 5 семестр).

Дисциплина «Электротехнологии» является основополагающей при изучении следующих дисциплин:

– для направленности Электрооборудование и электротехнологии: электротехнологии в АПК (4 курс, 7 семестр), эксплуатация электрооборудования (4 курс, 7 семестр), проектирование систем электрификации (4 курс, 8 семестр).

– для направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов: автоматизация технологических процессов (4 курс, 7 семестр), энергосбережение в системах автоматизации и роботизации (4 курс, 8 семестр), проектирование систем автоматизации (4 курс, 8 семестр).

Знания и умения по дисциплине «Электротехнологии» используются при подготовке студентами выпускных квалификационных работ.

Особенностью дисциплины является наличие в её содержании сочетания чисто теоретических вопросов с вопросами, содержащими прикладной характер.

Рабочая программа дисциплины «Электротехнологии» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать		
1.	ОПК-1	способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационных технологий	ОПК-1.1 Использует основные законы естественных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности.	информационно-коммуникационные технологии с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot); основные законы естественных дисциплин, необходимые для решения типовых и стандартных задач при расчете и выборе нагревательных электростановок	использовать основные законы естественных дисциплин для решения типовых и стандартных задач при расчете и выборе нагревательных электростановок с применением информационных технологий; использовать программный интерфейс Microsoft Office для выполнения задач профессиональной деятельности	методами и решения типовых и стандартных задач при расчете и выборе нагревательных электростановок с применением информационных технологий; навыкам и применению программных интерфейсов Microsoft Office для выполнения задач профессиональной деятельности
2.	ОПК-4	способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности;	ОПК-4.2 Обосновывает и реализует современные технологии по обеспечению работоспособности машин и оборудования в сельскохозяйственном производстве	назначение современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot) современных технологий по обеспечению работоспособности нагревательных электростановок в сельскохозяйственном производстве	использовать современные технологии по обеспечению работоспособности нагревательных электростановок в сельскохозяйственном производстве; применять современные цифровые инструменты (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	навыкам и применения современных технологий по обеспечению работоспособности нагревательных электростановок в сельскохозяйственном производстве; навыкам и применения современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)

7

					использовать современные технологии по обеспечению работоспособности электростановок в сельскохозяйственном производстве	
3.	ОПК-5	способен к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ОПК-5.1 Использует современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности.	использовать современные методы экспериментальных исследований и испытаний нагревательных электростановок; современное программное обеспечение: Excel, Word, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart и др.	использовать методы экспериментальных исследований и испытаний нагревательных электростановок; использовать современное программное обеспечение: Excel, Word, Power Point, Miro, Zoom, КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mentimeter, Pictochart и др.	современными методами исследований и испытаний нагревательных электростановок; навыкам и обработки и интерпретации полученных результатов с помощью программных продуктов Excel, Word, Power Point, Mentimeter, Pictochart и др.

8

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ в семестре № 6 представлено в таблице 2.

Таблица 2

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	в т.ч. семестре
		№ 6
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	180	180
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>60,4</b>	<b>60,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>60,4</b>	<b>60,4</b>
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	30	30
практические занятия (ПЗ)	14	14
лабораторные работы (ЛР)	14	14
консультации перед экзаменом	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>119,6</b>	<b>119,6</b>
контрольная работа	10	10
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям)	76	76
Подготовка к экзамену	33,6	33,6
Вид промежуточного контроля:	Экзамен	

##### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

##### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1 «Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок»	12	2	4			6
Раздел 2 «Основные положения расчета электронагревательных установок»	24	4	2	2		16
Раздел 3 «Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»	16	4	2			10

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
6 Раздел 4 «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей»	18	4	2	2		10
Раздел 5 «Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»	24	4	2	4		14
Раздел 6. «Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги»	16	4	2			10
Раздел 7 «Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. Выбор источника питания»	20	4		6		10
Раздел 8 «Диэлектрический нагрев. Термодиэлектрический нагрев и охлаждение»	14	4				10
консультации перед экзаменом	2				2	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
Подготовка к экзамену	33,6					33,6
<b>Всего за 6 семестр</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2,4</b>	<b>119,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2,4</b>	<b>119,6</b>

**Раздел 1.** Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок

**Тема 1.** Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева

Рассматриваемые вопросы.

Термины и определения электротермии. Закономерности преобразования электрической энергии в тепловую. Физические основы и количественные закономерности преобразования электрической энергии в тепловую.

Понятие «электротермические установки». Виды электротехнологий и области их использования в сельскохозяйственном производстве. Основные способы преобразования электроэнергии в другие виды. Прямое преобразование. Косвенное преобразование. Виды нагрева: нагрев сопротивлением, дуговой нагрев, индукционный нагрев, диэлектрический нагрев, электронный нагрев, нагрев излучением оптического квантового генератора (лазера), плазменный нагрев. Понятие «Электротермические установки». Современное состояние и тенденции развития электротехнологии. Объем электрической энергии в энергетическом балансе сельского хозяйства.

**Тема 2.** Классификация электротермических установок

Рассматриваемые вопросы.

Понятие «электротермические установки». Классификация электротермических установок (ЭТУ): а) по роду тока; б) по частоте тока; в) по способам теплопередачи; г) по технологическому назначению; д) по способу превращения электрической энергии в тепловую; е) по напряжению питания; ж) по рабочей температуре.

Классификация электротермических установок по способу превращения электрической энергии в тепловую: нагрев сопротивлением, нагрев электрической дугой, нагрев в переменном магнитном поле – индукционный способ, нагрев в переменном электрическом поле – диэлектрический способ, нагрев электронным пучком, нагрев квантами (инфракрасный, лазерный способы нагрева), плазменный нагрев. Классификация электротермических установок по роду тока: постоянного тока, переменного тока. По частоте тока: промышленной частоты (50 Гц), повышенной частоты, высокой частоты, сверхвысокой частоты. По виду нагрева: прямого нагрева, косвенного нагрева. По рабочей температуре: низкотемпературные, среднетемпературные, высокотемпературные. По технологическому назначению: универсальные, специальные.

## **Раздел 2. Основные положения расчета электронагревательных установок**

### **Тема 1. Основные положения расчета электронагревательных установок**

Рассматриваемые вопросы.

Поверочный и конструктивный расчет электротермических установок. Полный расчет. Аэродинамический расчет. Гидравлический расчет. Механический расчет. Электрический и конструктивный расчеты. Тепловой расчет. Уравнение теплового баланса. Определение мощности, температуры поверхности нагревательных элементов, интенсивности теплоотдачи, параметров тепловой изоляции, теплового КПД и основных конструктивных размеров электротермической установки. Исходные данные для расчета: напряжение питания  $U_{пит}$ ; мощность одного нагревателя  $P_n$ ; условия работы нагревательных элементов, температурный режим. Расчет нагревателей основан на совместном решении, связывающих электрические и тепловые параметры нагревателей. Определение теплового КПД и удельного расхода электрической энергии. Выбор тепловой изоляции. Схемы включения нагревательных элементов и способы регулирования мощности электротермических установок.

## **Раздел 3. Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева**

**Тема 1. Способы электрического нагрева сопротивлением. Электрическое сопротивление проводников**

Рассматриваемые вопросы.

Физическая сущность электрического сопротивления. Физическая сущность нагрева сопротивлением. Прямой электронагрев сопротивлением применяют для электропроводящих сред и материалов. Нагрев осуществляется за счет прохождения электрического тока непосредственно через нагревательную среду или материал (деталь). Закон Джоуля-Ленца. Проводники первого и второго рода. Способы электронагрева сопротивлением. Электроконтактный нагрев металлических тел – проводников 1 рода. Электродный нагрев – прямой нагрев

электропроводящих сред проводников 2 рода, имеющих ионную проводимость (вода, молоко, почва и т.п.). Электрическое сопротивление проводников первого и второго рода. Удельное электрическое сопротивление проводников. Зависимость удельного сопротивления проводника от температуры.

**Тема 2. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева**

Рассматриваемые вопросы.

Электроконтактный нагрев. Прямой нагрев сопротивлением металлических тел называют электроконтактным. Основные области применения: прямой нагрев металлических деталей (заготовок) несложной формы (валов, осей, труб, лент) при их термической и механической обработке; контактная сварка, наплавка при восстановлении изношенных металлических деталей; прогрев трубопроводов с целью размораживания, предотвращения замерзания, подогрева циркулирующей жидкости. Схема установки электроконтактного нагрева. Выбор источников питания электроконтактного нагрева. Расчет параметров источника питания установок электроконтактного нагрева. Коэффициент полезного действия устройства электроконтактного нагрева. Зависимость теплового КПД от геометрических параметров детали.

Расчет и выбор нагревательных трансформаторов. Мощность трансформатора и его вторичное напряжение.

Недостатки и преимущества электроконтактного нагрева.

## **Раздел 4. Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей**

### **Тема 1. Электродный нагрев. Материалы электродов**

Рассматриваемые вопросы.

Материалы электродов: 1) для технических целей: конструкционная сталь и латунь; 2) для пищевых целей: графит, нержавеющая сталь и титан.

Электродные системы: из электродов изогнутых под углом  $120^\circ$ , из коаксиальных (цилиндрических) электродов, из плоских электродов. Схемы замещения. Допустимая плотность тока на электродах и напряженность электрического поля.

Отличие электродного нагрева от других видов нагрева.

**Тема 2. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей**

Рассматриваемые вопросы.

Расчет электродных нагревательных устройств. Определение требуемой мощности и конструктивных параметров электродной системы. Параметры нагревателей периодического действия для определения требуемой мощности: объем нагреваемого материала, удельная теплоемкость, плотность материала, удельное электрическое сопротивление, время нагрева, начальная и конечная температуры, термический КПД. Нагреватели непрерывного действия. Производительность нагревателей непрерывного действия. Расчетная мощность и расчетный ток нагревателя. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей.

**Раздел 5.** Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов

**Тема 1.** Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубчатые электрические нагреватели

Рассматриваемые вопросы.

Косвенный электронагрев сопротивлением - электрический ток протекает по электрическим нагревателям, тепло от которых передается нагреваемой среде. Косвенный электронагрев сопротивлением - для проводящих и непроводящих материалов. Требования к выбору материала нагревательных элементов и их конструкции. Материалы нагревательных элементов: жаростойкие, жаропрочные и технологичные.

Классификация элементных электронагревательных установок. Элементные электронагревательные установки подразделяют: по характеру работы - непрерывного и периодического действия (проточные и непроточные); по конструктивным особенностям - переносные, напольные, настенные; по числу фаз - однофазные и трехфазные; по используемому напряжению - с напряжением до 1000 В и свыше 1000 В; по используемым нагревательным элементам - с трубчатыми электрическими и нагревательными элементами (ТЭНы) и с герметичными и угольно-графитовыми проводниками. Нагревательные элементы по конструктивному исполнению: открытые, закрытые и герметические (ТЭНы). Трубчатые электрические нагреватели (ТЭНы). Электрический и конструктивный расчеты нагревательных элементов.

Преимущества и недостатки косвенного электронагрева сопротивлением.

**Тема 2.** Особенности расчета стальных нагревателей. Расчет устройств на базе нагревательных проводов и кабелей

Рассматриваемые вопросы.

Особенности расчета стальных нагревателей. Нагревательные провода и кабели. Технические данные нагревательных проводов и кабелей. Классификация греющих кабелей по конструктивному исполнению.

Расчет устройств на базе нагревательных проводов и кабелей. Исходные данные для расчета нагревательных устройств. Задача расчета. Последовательность выполнения расчета.

Основные области использования устройств на базе нагревательных проводов и кабелей.

**Раздел 6.** Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги

**Тема 1.** Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги

Рассматриваемые вопросы.

Физическая природа электродугового разряда. Электрическая дуга: вольтовая дуга, дуговой разряд. Свойства и характеристики электрической дуги. Зажигание, устойчивость горения и регулирование тока дуги. Вольт-амперная характеристика электрической дуги (зависимость падения напряжения на дуге

от значения тока). Особенности горения электрической дуги на переменном токе. Преимущества, недостатки и области использования электродугового нагрева.

**Тема 2.** Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги. Рассматриваемые вопросы.

Виды электросварки и их принципиальное различие. Дуговая сварка, как способ соединения различных металлов и сплавов. Особенности стыковой, точечной и роликовой электросварки. Точечная сварка. Роликовая (шовная) сварка. Источники питания установок электродугового электрического нагрева. Требования, предъявляемые к источникам питания сварочной дуги (требования, предъявляемые к источникам сварочного тока). Технологические требования. Технико-экономические показатели. Режимы работы источников питания для дуговой сварки: продолжительный, перемежающийся и повторно-кратковременный. Классификация источников питания: по роду тока, по виду внешних характеристик, по способу получения энергии, по количеству обслуживаемых постов, по применению. Источники питания переменного тока. Сварочные трансформаторы. Источники питания сварочной дуги постоянного тока. Полупроводниковые выпрямители (постоянного тока). Сварочные генераторы постоянного тока (преобразователи). Вентильные генераторы. Способы регулирования сварочной дуги. Преимущества и недостатки сварочных агрегатов на постоянном и переменном токе. Устройства, в которых явление электрической дуги является вредным: коммутационные устройства, автоматические выключатели, высоковольтные выключатели, контакторы.

**Раздел 7.** Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. Выбор источника питания

**Тема 1.** Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. Рассматриваемые вопросы.

Физическая основа индукционного нагрева. Индукционный нагрев полупроводниковых материалов в переменном магнитном поле. Закон электромагнитной индукции Фарадея-Максвелла и закон Джоуля-Ленца. Вектор плотности потока мощности или вектор Пойтинга. Индукционный нагрев: поверхностный, глубинный, сквозной. Определение тепловой мощности в нагревательном материале при индукционном нагреве. Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности при индукционном нагреве. Режимы индукционного нагрева. Установки индукционного нагрева. Нагревательный индуктор - рабочий орган установки индукционного нагрева. Конструкция индуктора. Формы индуктора: трубчатые, в виде «змейки», восьмерки, трех листового клевера. Индукторы: цилиндрические, овальные, щелевые, стержневые, плоские и петлевые. Классы деления индукторов: низкочастотные и высокочастотные. Выбор длины и числа витков индуктора. Определение внутреннего диаметра индуктора.

**Тема 2.** Выбор источника питания индукционного нагрева

Рассматриваемые вопросы.

Источники питания установок индукционного электрического нагрева. Генераторы индукционных токов. Тиристорные преобразователи частоты. Инвер-



торы тока, резонансные инверторы. Современные источники питания индукционных установок. Электрическая схема генератора индукционного нагрева.

#### Раздел 8. Диэлектрический нагрев. Термoeлектрический нагрев и охлаждение

##### Тема 1. Основы диэлектрического нагрева и его особенности

Рассматриваемые вопросы.

Диэлектрический нагрев полупроводников и проводников II рода. Физическая основа диэлектрического нагрева. Выбор частоты и напряженности электрического поля при диэлектрическом нагреве. Процессы поляризации. Основные особенности диэлектрического нагрева материалов. Установки для диэлектрического нагрева. Источники питания установок диэлектрического нагрева. Расчет конденсатора для диэлектрического нагрева. Области применения диэлектрического нагрева. Преимущества и недостатки диэлектрического нагрева.

##### Тема 2. Термoeлектрический нагрев и охлаждение

Рассматриваемые вопросы.

Термoeлектрические явления. Термoeлектрические эффекты: Зеебека, Пельтье и Томсона. Физические основы термoeлектрического нагрева и охлаждения. ТермоЭДС. Термoeлектрические тепловые насосы. Классификация тепловых насосов. Принцип работы теплового насоса. Использование тепловых насосов в сельскохозяйственном производстве. Преимущества и недостатки термoeлектрического нагрева и охлаждения. Области применения термoeлектрического нагрева и охлаждения.

#### 4.3 Лекции/лабораторные работы/практические занятия

Таблица 4

##### Содержание лекций/лабораторных работ/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1 «Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок»				6
	Тема 1. Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева	Лекция № 1. Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 ОПК-4.2)		2
	Тема 2. Классификация электротермических установок	Практическое занятие № 1. Изучение взаимо-	ОПК-1 (ОПК-1.1),	Дискуссия Устный опрос	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	тротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева	Лекция № 2. Тепловые расчеты системы нагрева. Mentimeter.	ОПК-4 ОПК-4.2)		
		Практическое занятие № 2. Тепловые расчеты системы нагрева. Mentimeter.	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 ОПК-4.2)	Устный опрос	2
2.	Раздел 2 «Основные положения расчета электронагревательных установок»				8
	Тема 1. Основные положения расчета электронагревательных установок	Лекция № 2, № 3. Основные положения расчета электронагревательных установок. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		4
		Практическое занятие № 3. Решение задач по определению параметров элементных нагревателей. Mentimeter.	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 ОПК-4.2)	Устный опрос	2
		Лабораторная работа № 1. Исследование открытых нагревательных элементов. КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
3.	Раздел 3 «Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»				6
	Тема 1. Способы электрического нагрева сопротивлением. Электрическое сопротивление проводников	Лекция № 4. Прямой нагрев сопротивлением. Способы электрического нагрева сопротивлением. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
	Тема 2. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева	Лекция № 5. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 4. Выбор источника питания электрокон-	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4	Устный опрос Решение типовых задач	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		тактного нагрева. Решение задач по определению параметров электроконтактных нагревателей. Mentimeter.	ОПК-4.2)	в условиях ограничения времени	
4.	<b>Раздел 4 «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей»</b>				8
	<b>Тема 1. Электродный нагрев. Материалы электродов</b>	Лекция № 6. Электродный нагрев. Материалы электродов. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
	<b>Тема 2. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей</b>	Лекция № 7. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей. (мультимедиа лекция) Power Point	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 5. Расчет электродных нагревательных устройств. Решение задач по определению параметров водонагревателей. Mentimeter.	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 ОПК-4.2)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Лабораторная работа № 2. Исследование и поверочный расчет электродного водонагревателя. КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
5.	<b>Раздел 5 «Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»</b>				10
	<b>Тема 1. Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции</b>	Лекция № 8 Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубочатые	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	нагревательных элементов. Трубочатые электрические нагреватели	электрические нагреватели. Особенности расчета стальных нагревателей. (с мультимедиа элементами)			
		Лабораторная работа № 3. Изучение двухпозиционной системы регулирования температуры в электрической печи. КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 4. Изучение системы регулирования температуры в электрической печи по П, и ПИД законам. КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 6. Обосновывающие расчеты для выбора электрокалориферной установки. тестирование (в онлайн режиме – <a href="https://s.do.timacad.ru/course/view.php?id=1227">https://s.do.timacad.ru/course/view.php?id=1227</a> на платформе Moodle)	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 ОПК-4.2)	Устный опрос тестирование (в онлайн режиме – <a href="https://s.do.timacad.ru/course/view.php?id=1227">https://s.do.timacad.ru/course/view.php?id=1227</a> на платформе Moodle)	2
	<b>Тема 2. Особенности расчета стальных нагревателей. Расчет нагревательных проводов и кабелей.</b>	Лекция № 9. Особенности расчета стальных нагревателей. Расчет нагревательных проводов и кабелей. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
6.	<b>Раздел 6 «Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги»</b>				6
	<b>Тема 1. Электродуговой нагрев.</b>	Лекция № 10. Электродуговой нагрев. Свойст-	ОПК-1 (ОПК-1.1)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Свойства и характеристики электрической дуги	ва и характеристики электрической дуги. (мультимедиа лекция). Power Point	ОПК-4 ОПК-4.2)		
	Тема 2. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги	Лекция № 11. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 7. Расчет источников питания электродугового нагрева. Mentimeter.	ОПК-1 (ОПК-1.1)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
7.	<b>Раздел 7 «Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. Выбор источника питания»</b>				<b>10</b>
	Тема 1. Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора	Лекция № 12. Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
	Тема 2. Выбор источника питания индукционного нагрева	Лекция № 13. Выбор источника питания индукционного нагрева. (лекция-беседа) Mentimeter.	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
	Тема 1. Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора	Лабораторная работа № 5. Изучение принципа действия установок индукционного нагрева. КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Лабораторная работа № 6. Изучение влияния материала заготовки на время ее нагрева при одинаковой установленной мощности нагревателя. Лабораторная работа № 7. Изучение влияния материала заготовки на энергетические процессы нагрева при различной установленной мощности нагревателя. КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 8. Определение зависимости эффективности нагрева от перекрытия поля заготовки в индукторе. Лабораторная работа № 9. Изучение влияния магнитных материалов на процесс индукционного нагрева. КОМПАС, AutoCad, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
8.	<b>Раздел 8 «Диэлектрический нагрев. Термоэлектрический нагрев и охлаждение»</b>				<b>4</b>
	Тема 1. Основы диэлектрического нагрева	Лекция № 14. Основы диэлектрического нагрева. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2
	Тема 2. Термоэлектрический нагрев и охлаждение	Лекция № 15. Термоэлектрический нагрев и охлаждение. (с мультимедиа элементами)	ОПК-1 (ОПК-1.1) ОПК-4 ОПК-4.2)		2

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Наименование и опись используемых технологий активных и интерактивных образовательных технологий
<b>Раздел 1 «Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок»</b>		
1.	<b>Тема 1.</b> Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева	Общие представления об электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Основные закономерности преобразования электрической энергии в тепловую. Виды теплопередачи ((ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
2.	<b>Тема 2.</b> Классификация электротермических установок	Классификация электротермических установок: по способу превращения электрической энергии в тепловую; по роду тока; по частоте тока; по виду нагрева: прямого нагрева, косвенного нагрева; по рабочей температуре: низкотемпературные, среднетемпературные, высокотемпературные; по технологическому назначению: универсальные, специальные (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
<b>Раздел 2 «Основные положения расчета электронагревательных установок»</b>		
3.	<b>Тема 1.</b> Основные положения расчета электронагревательных установок	Тепловой расчет электронагревательных установок. Уравнение теплового баланса. Выбор теплоизоляции. Особенности теплоотдачи нагревателя (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
<b>Раздел 3 «Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»</b>		
4.	<b>Тема 1.</b> Способы электрического нагрева сопротивлением. Электрическое сопротивление проводников	Физическая сущность электронагрева сопротивлением. Закон Джоуля-Ленца. Прямой нагрев сопротивлением. Косвенный нагрев сопротивлением. Электрическое сопротивление проводников. Пленочные электронагреватели (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
5.	<b>Тема 2.</b> Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева	Схема установки для электроконтактного нагрева. Расчет и выбор нагревательных трансформаторов. Электроконтактная сварка. Точечная сварка. Роликовая (шовная) сварка. Выбор источников питания электроконтактного нагрева. Недостатки и преимущества электроконтактного нагрева (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
<b>Раздел 4 «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей»</b>		
6.	<b>Тема 1.</b> Электродный нагрев. Материалы электродов	Электродный нагрев. Материалы электродов (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
7.	<b>Тема 2.</b> Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей	Особенности эксплуатации электродных водонагревателей. Расчет электродных нагревательных устройств. Взаимосвязь начальной, средней и конечной мощности электродного водонагревателя (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))

№ п/п	Название раздела, темы	Наименование и опись используемых технологий активных и интерактивных образовательных технологий
<b>Раздел 5 «Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»</b>		
8.	<b>Тема 1.</b> Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубчатые электрические нагреватели	Требования к выбору материала. Трубчатые электрические нагреватели (ТЭНы). Электрический и конструктивный расчеты нагревательных элементов (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
9.	<b>Тема 2.</b> Особенности расчета стальных нагревателей. Расчет устройств на базе нагревательных проводов и кабелей	Электротермические установки нагрева и сушки в АПК. Бытовые электронагреватели. Электронагревательные провода и кабели. Расчет устройств на базе нагревательных проводов и кабелей (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
<b>Раздел 6. «Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги»</b>		
10.	<b>Тема 1.</b> Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги	Условия обеспечения дугового разряда. Регулирование тока сварочной дуги (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
11.	<b>Тема 2.</b> Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги	Виды электросварки и их принципиальное различие. Дуговая сварка как способ соединения различных металлов и сплавов. Электрические схемы источников питания сварочных агрегатов постоянного и переменного тока. Способы регулирования сварочной дуги (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
<b>Раздел 7 «Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. Выбор источника питания»</b>		
12.	<b>Тема 1.</b> Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора	Физическая основа индукционного нагрева. Закон электромагнитной индукции Фарадея-Максвелла и закон Джоуля-Ленца. Конструкция индуктора. Использование индукционного нагрева деталей в АПК (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
13.	<b>Тема 2.</b> Выбор источников питания индукционного нагрева	Источники питания установок индукционного электрического нагрева. Современные источники питания индукционных установок. Генераторы индукционных токов. Электрическая схема генератора индукционного нагрева (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
<b>Раздел 8 «Диэлектрический нагрев. Термодиелектрический нагрев и охлаждение»</b>		
14.	<b>Тема 1.</b> Основы диэлектрического нагрева и его особенности	СВЧ нагревательные установки. Термодиелектрические тепловые насосы (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))
15.	<b>Тема 2.</b> Термодиелектрический нагрев и охлаждение	Термодиелектрические явления. Термодиелектрические эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. Физические основы термодиелектрического нагрева и охлаждения. Термодиелектрический насос. Области применения термодиелектрического нагрева и охлаждения (ОПК-1 (ОПК-1.1), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1))

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания применяется, в основном, традиционная (объяснительно-иллюстративная) технология обучения. Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины «Электротехнологии» используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологии:

- основные формы теоретического обучения: лекции, индивидуальные консультации, групповые консультации;
- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: самостоятельная работа студентов.
- цифровые технологии (проблемное обучение, информационно-коммуникационная технология, проектное обучение, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom).

Кроме этого, при проведении занятий предусмотрено использование современных методов обучения, указанных в таблице 6.

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок.	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
2.	Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа лекция).
3.	Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги.	Л	Информационно-коммуникационная технология: (мультимедиа лекция). Демонстрация фильма об электродуге на нагреве
4.	Выбор источника питания индукционного нагрева	Л	Технология проблемного обучения (лекция-беседа) Mentimeter
5.	Выбор источника питания электроконтактного нагрева. Решение задач по определению пара-	ПЗ	Технология контекстного обучения. (решение типовых задач в условиях ограничения времени)

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
	метров электроконтактных нагревателей		
6.	Расчет электродных нагревательных устройств. Решение задач по определению параметров водонагревателей	ПЗ	Технология контекстного обучения. (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
7.	Расчет источников питания электродугового нагрева		Технология контекстного обучения. (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
8.	Изучение влияния материала заготовки на время ее нагрева при одинаковой установленной мощности нагревателя.	ЛР	Технология проблемного обучения
9.	Изучение влияния магнитных материалов на процесс индукционного нагрева	ЛР	Технология проблемного обучения

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении разделов дисциплины «Электротехнологии» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, вопросы к устному опросу студентов на практических занятиях, вопросы для защиты лабораторных работ, вопросы к дискуссии, выполнение обучающе-диагностических тестов в онлайн режиме – <https://s.do.timacad.ru/course/view.php?id=1227> на платформе Moodle, решения типовых задач, в том числе в условиях ограничения времени, выполнение контрольной работы.

**Промежуточный контроль** знаний: экзамен.

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1) При изучении дисциплины «Электротехнологии» учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы. Задачей выполнения контрольной работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы.

Задачей контрольной работы является закрепление теоретических знаний по курсу; освоение методов расчета и выбора нагревательных электроустановок; развитие навыков самостоятельной работы, а также навыков поиска (при-

меня электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru), анализа и представления информации в различных формах: традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители).

Контрольная работа – самостоятельная работа студента, основанная на изучении литературных и иных источниках информации по заданной теме.

Оформляется контрольная работа в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel для составления таблиц, диаграмм и вычисления простых и сложных функций.

В конце контрольной работы необходимо дать перечень использованной литературы.

Примерные темы контрольной работы:

1. Расчет мощности электрокалорифера и выбор электродвигателя для привода вентилятора.
2. Расчет мощности электрообогреваемого пола животноводческого помещения.
3. Расчет мощности электрообогреваемого пола в свинарнике-маточнике.
4. Расчет мощности почвенного электрообогревателя на базе нагревательного провода.

Задание к контрольной работе выдается каждому студенту индивидуально (по вариантам).

2) Пример тестового задания для текущего контроля знаний обучающихся (в онлайн режиме – <https://s.do.timacad.ru/course/view.php?id=1227> на платформе Moodle):

**По разделу 5 «Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»**

**Теме 1. Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубчатые электрические нагреватели**  
Практическое занятие № 6. Обосновывающие расчеты для выбора электрокалориферной установки.

Тест № 1 (Вариант № 1)

1. Какой способ нагрева применяют в электрокалориферах типа СФОЦ?
  - 1) Индукционный.
  - 2) Дизлектрический.
  - 3) Косвенный нагрев сопротивлением.
  - 4) Прямой нагрев сопротивлением.
2. Что является причиной выхода из строя электрокалориферной установки при остановке вентилятора?
  - 1) Увеличение теплоотдачи ТЭН.
  - 2) Короткое замыкание.
  - 3) Уменьшение теплоотдачи ТЭН.
  - 4) Увеличение потребляемой мощности.

3. С какой целью ТЭНы для электрокалориферов выполняют с алюминиевым обрешением?

- 1) Для увеличения механической прочности.
- 2) Для снижения температуры поверхности.
- 3) Для повышения КПД.
- 4) Для увеличения теплоотдачи.

4. Из какого материала изготавливают спирали ТЭН?

- 1) Вольфрам.
- 2) Никелина.
- 3) Манганина.
- 4) Нихрома

5. Какой из перечисленных материалов используется в качестве наполнителя в ТЭНах?

- 1) Фарфор.
- 2) Слюда.
- 3) Стекловолокно.
- 4) Окись магния.

6. Что означают цифры и буквы, отмеченные звездочками, в условном обозначении \*\* \* \* \* \* ТЭН-25А10/0,5Р220:

- 1) Наружный диаметр, длина контактного стержня, развернутая длина ТЭНа, условное обозначение нагреваемой среды и материала оболочки.
- 2) Наружный диаметр, развернутая длина, номинальная мощность, номинальное напряжение.
- 3) Развернутая длина, наружный диаметр, номинальная мощность, условное обозначение нагреваемой среды и материала оболочки.
- 4) Номинальная мощность, развернутая длина, наружный диаметр ТЭНа, условное обозначение длины контактного стержня.

7. Допустимая температура окружающего воздуха ТЭН в электрокалорифере:

- 1) 180°С.
- 2) 600°С.
- 3) 100°С.
- 4) 300°С.

8. Диаметр проволоки в ТЭН:

- 1) 10 мм.
- 2) 8,2 ...9мм.
- 3) Неограниченный.
- 4) 0,25...1,6 мм.

9. Каков срок службы ТЭНов?

- 1) До 100 тыс. часов.
- 2) До 50 тыс. часов.

- 3) До 20 тыс. часов.
- 4) До 10 тыс. часов.

10. Какова максимальная длина ТЭНа?

- 1) 2м.
- 2) 6м.
- 3) 10м.
- 4) 5м.

3) Пример дискуссии для текущего контроля знаний, обучающихся:

**По разделу 1** «Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Классификация электротермических установок»

**Тема 1.** Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева

Дискуссия на тему:

«Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие электротехнологии».

Вопросы дискуссии.

1) Начало развития электротехнологии.

Начало развития электротехнологии принято отсчитывать от работ академика В.В. Петрова, который впервые исследовал электрическую дугу и указал на ее возможные области применения — для нагрева, плавки и восстановления из окислов металлов, а также для электролиза воды.

2) В XIX в. начались разработки электротехнологических установок различного назначения как чисто исследовательских, так и имеющих промышленное применение. Это работы таких ученых как М. Дебре (Франция, 1849 г.) — печь сопротивления и дуговая печь, Пишон (Франция, 1853 г.) — дуговая печь косвенного действия для металлургии. В. Сименс (Англия, 1879 г.) — дуговые печи прямого и косвенного действия. О. Хэвисайд (Англия, 1884 г.), Н.Г. Славянов (Россия, 1888 г.) — дуговая электросварка. С. Томпсон (Англия, 1891 г.), Ивинг (Англия, 1892 г.), С. Ферранти (Италия, 1887 г.) — теория и практика индукционного нагрева и плавки.

3) Сильный импульс для развития электротехнологии дали многочисленные работы по получению алюминия, в ходе которых разрабатывались различные типы электротехнологических установок (ЭТУ): гарниссажная печь Ч.С. Бадли (США, 1883 г.), резистивные рудо-восстановительные печи прямого нагрева братьев А. и Е. Коулесс (США, 1884 г.), электролизные ванны П.Л.Т. Эру (Франция, 1886 г.) и Ч.М. Холл (США, 1886 г.).

4) В конце XIX в. были сделаны изобретения системы электрообогрева помещений (О. Розе, Англия, 1882 г.), погружаемого водонагревателя — кипятильника (Юллинг, Германия, 1883 г.).

5) **Инфракрасный нагрев.** В 1903 г. был получен патент Германии на применение инфракрасного нагрева (Шраммбергер). Инфракрасные излучатели (темные и светлые) применяют также для различных технологических процессов, например, для сушки.

6) **Электродные водонагреватели.** Первый водогрейный котел на напряжение 6 кВ был изготовлен в 1907 г.

Резистивный нагрев.

7) Первые эксперименты по нагреву проводников электрическим током относятся к XVIII веку. Б. Франклин (США) при исследовании разряда лейденской банки обнаружил нагрев и расплавление металлических проволочек.

8) Дж. Пристли (1766 г.), почетный член Петербургской академии наук, изучал нагрев различных металлов и отметил различия в их проводимости.

9) Нагрев проводников исследовали Л. Тенар (Франция, 1801 г.), В. В. Петров (1802 г.) и Х. Дэви (Англия, 1807 г.). Используя вольтов столб, Дж.Г. Чилдрен (Англия, 1815 г.) осуществил нагрев и расплавление различных металлов.

10) Р. Хар (Англия, 1839 г.) предложил вакуумную печь сопротивления с использованием воздушного насоса.

11) Закон выделения энергии в проводнике при протекании тока открыли Дж.П. Джоуль (1841 г.) и Э.Х. Ленц (1844 г.).

12) Г.Б. Симпсон получил американский патент (1859 г.) на нагревательное устройство с нагревателем в виде спирали.

13) С. Аббот (США, 1921 г.) получил патент на конструкцию и технологию производства теплоэлектронагревателей (ТЭНов) (фирма «Дженерал электрик», начало работ 1913 г.)

4) Пример контрольных вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся:

**По разделу 2** «Основные положения расчета электронагревательных установок»

**Тема 1.** Основные положения расчета электронагревательных установок

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторных работ.

Лабораторная работа № 1 «Исследование открытых нагревательных элементов».

Контрольные вопросы при защите лабораторной работы

1. Какие материалы используются в качестве нагревательных элементов?
2. От чего зависит установившаяся температура нагревательного элемента?
3. Как влияет установившаяся температура на срок службы нагревателя?
4. Каким законом описывается кривая нагрева?
5. От чего зависит теплоотдача нагревателя?
6. Объясните устройство и принцип действия термпары?
7. Как определяется и для чего нужна условная (фиктивная) температура нагревателя?
8. Назовите области применения открытых нагревательных элементов на предприятиях сельскохозяйственного производства?

5) Пример перечня вопросов для устного опроса студентов для текущего контроля знаний, обучающихся:

**По разделу 3** «Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»

**Тема 2.** Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева.

Практическое занятие № 4 . Выбор источника питания электроконтактного нагрева. Решение задач по определению параметров электроконтактных нагревателей.

Вопросы для устного опроса

1. Перечислите основные принципиальные отличия прямого и косвенного способов электронагрева.
2. В каких областях сельскохозяйственного производства используется прямой метод нагрева различных материалов?
3. В чем заключается физическая сущность электронагрева материалов методом сопротивления и какие он имеет особенности и преимущества?
4. Назовите основные параметры режимов при нагреве металлов методом сопротивления.
5. Охарактеризуйте методику расчета источника питания электроконтактного нагрева.
6. Назовите параметры источников питания установок электроконтактного нагрева.
7. Напишите формулу определения полезной мощности источника питания установок электроконтактного нагрева.
8. Напишите формулу определения общей мощности источника питания установок электроконтактного нагрева.
9. Напишите формулу определения среднего значения вторичного напряжения источника питания за время нагрева.
10. Как определяются мощность установки для нагрева металлов по методу сопротивления и время нагрева?
11. Как определить продолжительность включения источника питания электроконтактного нагрева?
12. Как изменяются значения термического КПД от геометрических размеров нагреваемой заготовки?
13. Как зависит среднее значение вторичного напряжения источника питания за время нагрева от размеров заготовки и времени ее нагрева?
14. Назовите основные области применения электроконтактного нагрева.

б) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся (решение задач на ПК в режиме ограничения времени):

По разделу 4 «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей»

**Тема 2.** Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей

Практическое занятие № 5. Расчет электродных нагревательных устройств. Решение задач по определению параметров водонагревателей

**Задача 1.** Вычислите термический КПД непроточного электроводонагревателя, который имеет мощность  $P=6$  кВт и нагревает на  $T=80$  °С  $V=100$  л воды за  $t=4$  ч.

**Задача 2.** На сколько градусов нагревает за  $t=4$  ч  $V=100$  л воды непроточный электроводонагреватель мощностью  $P=6$  кВт?

**Задача 3.** Определите время работы непроточного электроводонагревателя, который имеет мощность  $P=6$  кВт и нагревает  $V=100$  л на  $T=80$  °С.

7) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)

1. Сельское хозяйство как сфера использования электротехнологий.
2. Общие понятия электротехнологии.
3. Общие понятия «Электротермии». Определение понятия «Электротермия».
4. Что изучает «Электротермия»?
5. Термины и определения в электротермии.
6. Способы электрического нагрева и классификация электротермического оборудования.
7. Преимущества электротермического оборудования по сравнению с установками и традиционного нагрева.
8. Основные способы преобразования электроэнергии в другие виды.
9. Виды нагрева, способы и закономерности преобразования электрической энергии в тепловую.
10. Классификация электротермических установок.
11. Виды и задачи расчетов электротермических установок.
12. Почему процесс нагрева ЭТУ имеет динамический характер?
13. Дифференциальное уравнение теплового баланса ЭТУ.
14. Как изменяется процесс нагрева (охлаждения), скорость нагрева (охлаждения) и термический КПД от температуры и времени нагрева?
15. Какие тепловые потоки учитываются при составлении уравнения теплового баланса объекта?
16. Как определяются: полезная, потребная и расчетная мощности ЭТУ?
17. Способы регулирования мощности ЭТУ.
18. Особенности электроконтактного нагрева.
19. Особенности стыковой, точечной и роликовой электросварки.
20. Методика расчета и выбора источников питания для электроконтактного нагрева.
21. Преимущества и недостатки электродного нагрева.
22. Из каких материалов могут изготавливаться электроды?
23. По каким показателям выбирается теплоизоляция?
24. Методика расчета основных параметров электродных нагревателей.
25. Как изменяется мощность в электродных нагревателях в зависимости от температуры нагреваемого материала?
26. Основы расчета непроточного электродного водонагревателя.
27. Основы расчета проточного водонагревателя.
28. Регулирование мощности электронагревателей при электродном нагреве.
29. Электрический нагрев сопротивлением. Косвенный нагрев. Достоинства и недостатки.
30. Конструкции нагревательных элементов.
31. Материалы, применяемые в нагревателях. Требования к материалам нагревательных элементов.



32. Методика расчета нагревательных элементов по поверхностной мощности.
33. Методика расчета нагревательных элементов по рабочему току и расчетной температуре.
34. Способы регулирования мощности элементных нагревательных установок, схемы включения.
35. Приближенные способы расчета элементных нагревателей.
36. Трубчатые элементные нагреватели (ТЭНы), их устройство, основные технические данные, области применения.
37. Нагревательные провода и кабели.
38. Принципы выбора нагревательных проводов и ТЭНов.
39. Индукционный нагрев, его особенности, виды индукторов.
40. Определение тепловой мощности в нагреваемом материале при индукционном нагреве.
41. КПД системы «индуктор – деталь» при индукционном нагреве.
42. Удельная поверхностная мощность при индукционном нагреве.
43. Коэффициент мощности при индукционном нагреве.
44. Выбор частоты при индукционном нагреве.
45. Режимы индукционного нагрева.
46. Какие источники питания используют при индукционном нагреве?
47. Области применения индукционного нагрева в сельском хозяйстве.
48. Диэлектрический нагрев. Основы диэлектрического нагрева и его особенности.
49. Расчет параметров диэлектрического нагревателя.
50. Физические основы электродугового нагрева и статическая вольтамперная характеристика электрической дуги.
51. Устойчивость горения электрической дуги.
52. Регулирование тока электрической дуги.
53. Особенности горения электрической дуги переменного тока.
54. Чем характеризуется ВАХ электрической дуги?
55. Какие требования предъявляются к источникам питания сварочной дуги?
56. Источники питания сварочной дуги.
57. Термoeлектрические явления.
58. Принцип работы термоэлемента.
59. Принципы работы полупроводникового теплового насоса.
60. Энергетические показатели полупроводникового теплового насоса.
61. Условие получения максимальной холодопроизводительности полупроводникового теплового насоса.
62. Определение мощности электротермических установок периодического действия.
63. Определение мощности электротермических установок непрерывного действия.
64. Расчет изолирующей вставки для электродного водонагревателя.
65. Каковы пределы регулирования мощности трехфазного нагревателя, имеющего по два нагревательных элемента в каждой фазе?
66. От каких параметров индуктора и нагреваемой детали зависит КПД индукционного нагрева?

67. Техника безопасности при эксплуатации электродных водонагревателей.
68. Зависимость температуры и скорости нагрева от времени при постоянной мощности электрического нагревателя.
69. Каковы причины ограничения плотности тока и напряженности электрического поля в электродных нагревателях?
70. Выбор мощности источника питания для электроконтактного и дугового нагрева.

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Электротехнологии» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки устанавливаются в соответствии с требованиями и к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Критерии выставления оценок по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» представлены в таблице 7.

Таблица 7

### Критерии оценивания результатов обучения (экзамена)

Оценка	Критерии оценивания
<b>Высокий уровень «5» (отлично)</b>	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практически навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
<b>Средний уровень «4» (хорошо)</b>	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
<b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b>	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
<b>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</b>	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Боцман, В.В. Светотехника и электротехнология [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. В. Боцман. – Белгород: БелГАУ им.В.Я.Горина, – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 139 с.  
Ссылка на полный текст: <https://e.lanbook.com/book/123351>
2. Моисеев, А.П. Светотехника и электротехнология [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. П. Моисеев, А. В. Волгин, Л. А. Лягина. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2017. – 130 с.  
Ссылка на полный текст: [URL: ^Ahttps://e.lanbook.com/book/137520](https://e.lanbook.com/book/137520)
3. Юдаев, И.В., Живописцев, Е.И. Электрический нагрев: основы физики процессов и конструктивных расчетов [Электронный ресурс]: учебное пособие /И.В. Юдаев, Е.И. Живописцев.– СПб.: Издательство «Лань», 2022.– 196 с. –  
Ссылка на полный текст: <https://e.lanbook.com/book/169058>

### 7.2 Дополнительная литература

1. Багаев, А.А. Электротехнология [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по напр. подготовки: 660300 -"Агроинженерия" и 140200 "Электроэнергетика" и по спец. 311400 "Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва" И 10040 "Электроснабжение" / А. А. Багаев, А. И. Багаев, Л. В. Куликова; Алтайский государственный аграрный университет (Барнаул). – Барнаул: [б. и.], 2006. – 319 с.
2. Баранов, Л.А. Светотехника и электротехнология [Текст]: учебное пособие для вузов /Л.А. Баранов, В.А. Захаров. – М.: КолосС, 2008. – 344 с.
3. Баранов, Л.А. Светотехника и электротехнология [Текст]: учебное пособие для вузов /Л.А. Баранов, В.А. Захаров. – М.: КолосС, 2006. – 344 с.
4. Башилов А.М. Низкотемпературный электронагрев [Текст]: учебное пособие / А.М. Башилов, С.А. Растимешин, С.С. Трунов, С.А. Егоров, Ю.Б. Катков. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 68 с.
5. Газалов, В.С. Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве [Текст]: сб. науч. тр. / МСХ РФ, ФГОУ ВПО Азово-Черномор. гос. агроинж. академия; [Ред. кол.: В. С. Газалов (отв. ред.) и др.]. – зерноград: АЧГАА, Вып. 4., Т. 1, 2004. – 120 с.
6. Живописцев, Е.Н. Электротехнология и электрическое освещение [Текст]: учебное пособие / Е.Н. Живописцев, О.А. Косицын. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990.– 303 с.
7. Карасенко, В.А. Электротехнология [Текст]: учебное пособие для вузов /В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1992. – 304 с.
8. Федоренко, В.Ф. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития [Текст]: научное издание / В.Ф. Федоренко В.Ф., Н.П. Мишуров, Д.С. Булгакин, В.Я. Гольяпкин, И.Г. Голубев – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2019. – 314 с.

## 7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ Р 50571.14-97 (МЭК 364-7-705-84) «Электроустановка сельскохозяйственных и животноводческих помещений». Введен в действие с 01 июля 1997 года.
2. Правила устройства электроустановок [Текст]: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. 6-е изд. и 7-е изд. – Новосибирск: Норматика, 2019. – 462 с.
3. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс]. – Система «ГАРАНТ».
4. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования.

### 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электротехнологии» являются лекции, лабораторные работы, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции проводятся на потоке, практические занятия проводятся в группах. Лабораторные работы проводятся в подгруппах.

По курсу предусмотрено выполнение контрольной работы.

На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные работы и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины Программно-информационное обеспечение дисциплины

В учебном процессе рекомендуется использовать следующее программное обеспечение: Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Mio, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др., Интернет, электронные ресурсы технических библиотек, а также интернет-ресурсы:

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (открытый доступ).
2. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).
3. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ).
4. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт российской государственной библиотеки) (открытый доступ).
5. <http://www.cnsnb.ru/elbib.shtm> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ).
6. Центральная научная библиотека им. Н.И. Железнова [www.library.timacad.ru/](http://www.library.timacad.ru/) (открытый доступ).

7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> (открытый доступ).

8. <https://psyttests.org/iq/shtur/shturA-run.html>

9. <https://portal.timacad.ru>

10. <https://onlinetestpad.com/vmptgicdboani>

11. <https://www.mentimeter.com/>

### 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8

#### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1 «Общие вопросы электротехнологии и ее применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева Классификация электротермических установок»	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2016
		Power Point Mentimeter	Презентация <a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft	2016 2014
2.	Раздел 2 «Основные положения расчета электронагревательных установок»	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2016
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2020
3.	Раздел 3 «Прямой нагрев сопротивлением Электродный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2016
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2020
3.	Раздел 3 «Прямой нагрев сопротивлением Электродный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»	Power Point	Презентация	Microsoft	2016
		Mentimeter	<a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft	2014

			времени		
4.	Раздел 4 «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей»	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2016
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2020
5.	Раздел 5 «Основные элементы электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»	Power Point	Презентация	Microsoft	2016
		Mentimeter	<a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft	2014
		Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016
6.	Раздел 6 «Электродуговой нагрев. Свойства и характеристической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги»	Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2016
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2020
		Power Point	Презентация	Microsoft	2016
6.	Раздел 6 «Электродуговой нагрев. Свойства и характеристической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги»	Mentimeter	<a href="https://www.mentimeter.com/">https://www.mentimeter.com/</a> компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft	2014

### 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 9

#### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
Корпус № 24, аудитория № 306	Компьютерный класс тип 2: компьютеров – 17 шт., проектор Acer H 6517ST – 1 шт., интерактивная доска – 1 шт., инв. № 410124000602951

Корпус № 24, аудитория № 310	<p>Лаборатория «Электротехнологические установки».</p> <p>Лабораторный стенд «Электротехнологические установки и системы» исполнение стендовое с ноутбуком ЭТУ-СН - 2 шт. инв. № 410124000603071 и инв. № 410126000000025.</p> <p>1) Моноблок «Индукционный нагрев металлов» - 1 шт.</p> <p>2) Моноблок «Модель электрической печи сопротивления» - 1 шт.</p> <p>3) Ноутбук - 1 шт.</p> <p>4) USB-осциллограф - 1 шт.</p> <p>5) Лабораторная стойка - 1 шт.</p> <p>6) Комплект силовых кабелей и соединительных проводов - 1 шт.</p> <p>Выполняемые на стенде лабораторные работы:</p> <p>1. Изучение двухпозиционной системы регулирования температуры в электрической печи.</p> <p>2. Изучение системы регулирования температуры в электрической печи по П, и ПИД законам.</p> <p>3. Изучение принципа действия установок индукционного нагрева.</p> <p>4. Изучение влияния материала заготовки на время ее нагрева при одинаковой установленной мощности нагревателя.</p> <p>5. Изучение влияния материала на энергетические процессы нагрева при различной установленной мощности нагревателя.</p> <p>6. Определение зависимости эффективности нагрева от перекрытия поля заготовкой в индукторе.</p> <p>7. Изучение влияния магнитных материалов на процесс индукционного нагрева.</p>
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	
Общежития № 4, № 5 и № 11. Комнаты для самоподготовки.	

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Учебный курс «Электротехнологии» является одним из основных в направлении 35.03.06 Агроинженерия. В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при разработке электронагревательных устройств и установок в технологических процессах АПК. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на

производстве по направлению подготовки.

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия представлены следующими видами и проведением текущего контроля успеваемости:

лекции (занятия лекционного типа);  
 практические занятия, лабораторные работы (занятия семинарского типа);  
 групповые консультации;  
 индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;  
 самостоятельная работа обучающихся;  
 занятия иных видов и проведение текущего контроля успеваемости.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Электротехнологии» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на *лекциях*. Самостоятельно производить расчеты элементов электронагревательных установок с использованием электронных таблиц, математических пакетов и моделирующих программ. Используя информационные технологии, знакомиться с существующими системами электрообогрева и инфракрасного нагрева. Организовать электронное хранилище информации по своему направлению обучения и заносить туда собранную информацию и выполненные работы.

2. На *практических занятиях* обдуманно выполнять задания, самостоятельно производить расчеты, анализировать полученные результаты.

3. К выполнению *лабораторной* работы необходимо заранее самостоятельно изучить теоретический материал указанный преподавателем литературы: учебники, лекции, методические указания, а также по методическим указаниям подготовить протокол для проведения экспериментальных исследований. Подготовить ответы на контрольные вопросы, предложенные преподавателем к защите данной лабораторной работе. На лабораторных занятиях необходимо обдуманно выполнять задания, произвести расчеты, начертить схемы и проанализировать полученные результаты. Защищать лабораторную работу по возможности следует в день ее выполнения или ближайшее время.

4. *Самостоятельная работа студентов* предполагает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (самостоятельная работа).

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

**Контрольную работу** рекомендуется выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

Максимально использовать возможности практик: учебной (ознакомительной практики (в том числе получение первичных навыков научно-исследовательской работы) и производственной технологической (проектно-технологической) практики для изучения электронагревательных установок, имеющих на предприятии).

Регулярно посещать тематические выставки, например, «Агропромаш», «Золотая осень», «Интерсвет» и др. с последующей групповой дискуссией по результатам посещения.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему, решить задачи и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме практического занятия.

Студент, пропустивший лабораторную работу, должен самостоятельно изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок ее проведения и отработать ее в соответствии с установленным кафедрой графиком отработок лабораторных работ.

### **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электротехнологии», согласно структуре, являются лекции, лабораторные работы, практические занятия, консультации и самостоятельная работа студентов.

Чтение лекций осуществляется в аудитории, оборудованной аппаратурой для компьютерной презентации.

На лекциях излагается теоретический материал: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия и определения.

Преподавание дисциплины «Электротехнологии» требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки студентов:

1. На лекциях следует обратить особое внимание на элементы и детали средств электронагрева, на физические основы их работы, разъясняя новые понятия и определения.

2. Желательно содержание разделов с описанием технических средств и устройств электронагревательных, сушильных и инфракрасных установок сопровождать демонстрацией реальных источников нагрева и физических моделей.

3. Чтение лекций целесообразно сопровождать демонстрацией презентаций,

с помощью слайдов и элементов компьютерной графики, а также различных компьютерных фильмов. Для этого в лекционной аудитории рекомендуется иметь проекционное оборудование, интерактивную доску и т.п. Продолжительность фильмом рекомендуется не более 5-7 минут.

4. Лабораторные работы рекомендуется проводить в специализированной учебной лаборатории «Электротехнологические установки».

5. На **практических занятиях** студенты решают задачи с применением основных законов теплотехники: тепловой расчет системы отопления; овладевают методиками поддержания режимов работы электротехнического оборудования электрифицированных и автоматизированных технологических процессов. На практических занятиях контроль знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций рекомендуется проводить методом устного опроса и тестирования.

При изучении методов электротехнического и теплового расчетов, при решении типовых задач использовать справочную литературу минимум по одному экземпляру на двух студентов.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме. Например, при проведении практических занятий первый час занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. Второй час каждого занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить студентам решить индивидуальные задания. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов.

По наиболее сложным темам и возникшим при этом вопросам, на практическом занятии могут быть проведены собеседования и консультации.

Для успешного аудиторного и самостоятельного изучения дисциплины на занятиях целесообразно информировать студентов о наличии и возможности использования различных отраслевых баз данных, информационно-справочных и поисковых ресурсов по электронагревательным устройствам и установкам, средствам механизации и электрификации технологических процессов.

Рекомендуется посещение тематических и агропромышленных выставок с последующей групповой дискуссией по результатам посещения.

**Программу разработал:**

Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор



(подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.31 «Электротехнологии»  
ОПОП ВО по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов (квалификация выпускника – бакалавр)

Загинайловым Владимиром Ильичом, профессором кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором технических наук (далее по тексту рецензент), проведено рецензирование рабочей программы дисциплины «Электротехнологии» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов (квалификация выпускника – бакалавр) разработанной в институте механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородин (разработчик – Сторчевой Владимир Федорович, профессор, доктор технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Электротехнологии» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 35.03.06 Агроинженерия. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина включена в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 35.03.06 Агроинженерия.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Электротехнологии» закреплено 3 компетенции (3 индикатора достижения компетенций). Дисциплина «Электротехнологии» и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Электротехнологии» составляет 5 зачётных единиц (180 часов).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Электротехнологии» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.03.06 Агроинженерия и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Электротехнологии» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 35.03.06 Агроинженерия.

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, вопросы к дискуссии, решение типовых задач, вопросы при защите лабораторных работ, участие в тестировании, работа над аудиторными заданиями – практические занятия, выполнение контрольной работы), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины, включенной в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 35.03.06 *Агроинженерия*.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 8 наименований, периодическими изданиями – 3 источника со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 11 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 35.03.06 *Агроинженерия*.

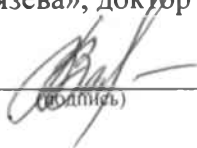
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Электротехнологии» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Электротехнологии».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Электротехнологии» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 *Агроинженерия*, направленности *Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов* (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Сторчевым В.Ф., профессором, доктором технических наук соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Загинайлов В.И., профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук

  
\_\_\_\_\_

« 29 » августа 2022 г.