



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 электропривода и электротехнологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета заочного  
образования

О.А. Антимирова

“22” января 2019 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.03.02 «Электронагрев материалов»

для подготовки бакалавров  
(академический бакалавриат)

ФГОС ВО

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Направленность Электроснабжение

Курс 5

Семестр 9

Форма обучения: заочная

Год начала подготовки: 2018 г.

Регистрационный номер \_\_\_\_\_

Москва, 2019

Разработчик: Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«15» «января» 2019 г.

Рецензент: Загинайлов В.И., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«15» «января» 2019 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры электропривода и электротехнологий протокол № 04 «15» «января» 2019 г.

Заведующий кафедрой Кабдин Н.Е., к. т. н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Парлюк Е.П., к.э.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Протокол № 09 «21» «января» 2019 г.

Заведующий выпускающей кафедрой электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко Стушкина Н.А., к. т. н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«15» «января» 2019 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ Иванова Л.Л.  
(подпись)

**Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных материалов дисциплины получены:**  
Методический отдел УМУ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>7</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	7
В СЕМЕСТРЕ .....	7
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	13
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	16
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>18</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>19</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	19
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	24
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>25</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	25
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	26
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	26
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К .....	26
ЗАНЯТИЯМ .....	26
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>27</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>27</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>28</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>29</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	30
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>30</b>

## Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.ДВ.03.02 «Электронагрев материалов» для подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение.

**Цель освоения дисциплины:** освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области использования электронагревательных устройств и установок в технологических процессах сельскохозяйственного производства, изучения методов расчета и конструирования электронагревательных установок на основе новейших достижений науки и техники; проводить обоснование проектных решений электронагревательных установок, процессов, приборов электронагрева и принимать участие в проектировании электронагревательных установок в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в вариативную часть дисциплин по выбору учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ПК-3, ПК-4.

### **Краткое содержание дисциплины:**

Общие вопросы электронагрева материалов и его 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 кабелей. 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:** 4 зач. ед. (144 часа).

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой.

## **1. Цели освоения дисциплины**

**Целью освоения дисциплины «Электронагрев материалов»** является освоение студентами теоретических и практических знаний в области использования электронагревательных устройств и установок в технологических процессах сельскохозяйственного производства, изучения методов расчета и конструирования электронагревательных установок на основе новейших достижений науки и техники; проводить обоснование проектных решений электронагревательных установок, процессов, приборов электронагрева и принимать участие в проектировании электронагревательных установок в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

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

Дисциплина «Электронагрев материалов» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана вариативной части дисциплин по выбору. Дисциплина «Электронагрев материалов» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электронагрев материалов» являются электротехнические материалы (1 курс), основы энергетики (1 курс), математика (1 курс, 2 курс), физика (1 курс, 2 курс), информатика (1 курс), теоретические основы электротехники (2 курс, 3 курс), компьютерное проектирование КОМПАС (2 курс), компьютерное проектирование AUTOCAD (2 курс), информационные технологии (2 курс), электроника (3 курс), электрические машины (3 курс), автоматика (3 курс), теплотехника (4 курс).

Знания и умения по дисциплине «Электронагрев материалов» используются при подготовке студентами выпускных квалификационных работ (ВКР).

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

Рабочая программа дисциплины «Электронагрев материалов» 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 (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-3	способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	общие сведения о системах сбора и анализа исходных данных для проектирования, нормативно-техническую документацию, информационные технологии, системы САПР, их функциональное назначение и ограничения	обосновывать вид используемых САПР для решения конкретных задач; использовать базы данных материалов, оборудования, технологий при проектировании	навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования, навыками работы в САПР
2.	ПК-4	способностью проводить обоснование проектных решений	требования, предъявляемые стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами к проектам электроэнергетических и электротехнических систем	осуществлять сбор и анализ исходных данных для проектирования, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных расчетов	навыками использования стандартных средств автоматизированного проектирования электроэнергетических и электротехнических систем и их компонентов

## 4. Структура и содержание дисциплины

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ в семестре № 9 представлено в таблице 2.

Таблица 2

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

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	в т.ч.
		семестре № 9
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>12,35</b>	<b>12,35</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>12,35</b>	<b>12,35</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	4	4
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	4	4
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	4	4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>131,65</b>	<b>131,65</b>
<i>контрольная работа</i>	10	10
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)</i>	117,65	117,65
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	4	4
Вид промежуточного контроля:	зачет с оценкой	

### 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	
<b>Раздел 1</b> «Общие вопросы электронагрева материалов и его применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок»	9					9
<b>Раздел 2</b> «Основные положения расчета электронагревательных установок»	24	1	1			22
<b>Раздел 3</b> «Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электрокон-	18	1	1			16

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
тактного нагрева»						
<b>Раздел 4</b> «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей»	20	1	1			18
<b>Раздел 5</b> «Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»	24	1	1	2		20
<b>Раздел 6.</b> «Электродуговой нагрев. Свойства и характеристики электрической дуги. Режимы сварки и работа источников питания сварочной дуги»	12					12
<b>Раздел 7</b> «Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. Выбор источника питания»	18,65			2		16,65
<b>Раздел 8</b> «Диэлектрический нагрев. Термоэлектрический нагрев и охлаждение»	14					14
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35				0,35	
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)	4					4
<b>Всего за 9 семестр</b>	<b>144</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0,35</b>	<b>131,65</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0,35</b>	<b>131,65</b>

**Раздел 1.** Общие вопросы электронагрева материалов и его применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электро-термических установок

**Тема 1.** Общие вопросы электронагрева материалов и его 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 нагревательными элементами (ТЭНы) и с герметичными 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. Техничко-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. Термоэлектрический 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. Термоэлектрический нагрев и охлаждение**

Рассматриваемые вопросы.

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

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

Таблица 4

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

<b>№ п/п</b>	<b>Название раздела, темы</b>	<b>№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий</b>	<b>Формируемые компетенции</b>	<b>Вид контрольного мероприятия</b>	<b>Кол-во часов</b>
1.	<b>Раздел 2 «Основные положения расчета электронагревательных установок»</b>				<b>2</b>
	Тема 1. Основные положения расчета электронагревательных установок	Лекция № 1 . Основные положения расчета электронагревательных установок	ПК-3 ПК-4		1
		Практическое занятие № 1. Решение задач по определению параметров элементных нагревателей.	ПК-3 ПК-4	Устный опрос Решение типовых задач	1
2.	<b>Раздел 3 «Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»</b>				<b>2</b>

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	<b>Тема 1.</b> Способы электрического нагрева сопротивлением. Электрическое сопротивление проводников <b>Тема 2.</b> Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева	Лекция № 1. Прямой нагрев сопротивлением. Способы электрического нагрева сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева.	ПК-3 ПК-4		1
	<b>Тема 2.</b> Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева	Практическое занятие № 1 . Выбор источника питания электроконтактного нагрева. Решение задач по определению параметров электроконтактных нагревателей.	ПК-3 ПК-4	Устный опрос Решение типовых задач	1
3.	<b>Раздел 4 «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей»</b>				<b>2</b>
	<b>Тема 1.</b> Электродный нагрев. Материалы электродов. <b>Тема 2.</b> Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей	Лекция № 2. Электродный нагрев. Материалы электродов. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей.	ПК-3 ПК-4		1
	<b>Тема 2.</b> Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей	Практическое занятие № 2. Расчет электродных нагревательных устройств. Решение задач по определению параметров водонагревателей	ПК-3 ПК-4	Устный опрос Решение типовых задач	1
4.	<b>Раздел 5 «Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»</b>				<b>4</b>
	<b>Тема 1.</b> Косвен-	Лекция № 2. Косвен-	ПК-3		1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	ный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубчатые электрические нагреватели.	ный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубчатые электрические нагреватели. Особенности расчета стальных нагревателей.	ПК-4		
		Лабораторная работа № 1. Изучение двухпозиционной системы регулирования температуры в электрической печи	ПК-3 ПК-4	Защита лабораторной работы	1
		Лабораторная работа № 2. Изучение системы регулирования температуры в электрической печи по П, и ПИД законам	ПК-3 ПК-4	Защита лабораторной работы	1
		Практическое занятие № 2. Обосновывающие расчеты для выбора электрокалориферной установки.	ПК-3 ПК-4	Устный опрос Тестирование	1
5.	<b>Раздел 7 «Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора. Выбор источника питания»</b>				<b>2</b>
	<b>Тема 1.</b> Индукционный нагрев. Основные характеристики индуктора	Лабораторная работа № 3. Изучение влияния материала заготовки на время ее нагрева при одинаковой установленной мощности нагревателя. Лабораторная работа № 4. Изучение влияния материала заготовки на энергетические процессы нагрева при различной установленной мощности нагревателя.	ПК-3 ПК-4	Защита лабораторной работы	2

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1 «Общие вопросы электронагрева материалов и его применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева. Классификация электротермических установок»</b>		
1.	<b>Тема 1.</b> Общие вопросы электронагрева материалов и его применение в сельскохозяйственном производстве. Динамика нагрева	Общие представления об электронагреве материалов и его применение в сельскохозяйственном производстве. Основные закономерности преобразования электрической энергии в тепловую. Виды теплопередачи (ПК-3, ПК-4).
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 (ПК-3, ПК-4).
<b>Раздел 2 «Основные положения расчета электронагревательных установок»</b>		
3.	<b>Тема 1.</b> Основные положения расчета электронагревательных установок	Выбор теплоизоляции. Особенности теплоотдачи нагревателя (ПК-3, ПК-4).
<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 (ПК-3, ПК-4).
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 (ПК-3, ПК-4).
<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 (ПК-3, ПК-4).
7.	<b>Тема 2.</b> Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электрод-	Особенности эксплуатации электродных водонагревателей. Расчет электродных нагревательных устройств. Взаимосвязь начальной, средней и конечной мощности электродного водонагревателя (ПК-3, ПК-4).



№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	ных водонагревателей	
<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 (ПК-3, ПК-4).
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 (ПК-3, ПК-4).
<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 (ПК-3, ПК-4).
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 (ПК-3, ПК-4).
<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 (ПК-3, ПК-4).
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 (ПК-3, ПК-4).
<b>Раздел 8 «Диэлектрический нагрев. Термоэлектрический нагрев и охлаждение»</b>		
14	<b>Тема 1.</b> Основы диэлектрического нагрева и его особенности	СВЧ нагревательные установки. Термоэлектрические тепловые насосы (ПК-3, ПК-4).
15	<b>Тема 2.</b> Термоэлектрический нагрев и охлаждение	Термоэлектрические явления. Термоэлектрические эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. Физические основы термоэлектрического нагрева и охлаждения. ТермоЭДС. Работа теплового насоса. Области применения термоэлектрического нагре-

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		ва и охлаждения (ПК-3, ПК-4).

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Основные положения расчета электронагревательных установок	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
2.	Электродный нагрев. Материалы электродов. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных водонагревателей.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа лекция).
3.	Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов. Трубчатые электрические нагреватели. Особенности расчета стальных нагревателей.	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
4.	Выбор источника питания электроконтактного нагрева. Решение задач по определению параметров электроконтактных нагревателей.	ПЗ	Технология контекстного обучения (решение задач)
5.	Расчет электродных нагревательных устройств. Решение задач по определению параметров водонагревателей.	ПЗ	Технология контекстного обучения (решение задач)
6.	Изучение двухпозиционной системы регулирования температуры в электрической печи.	ЛР	Технология проблемного обучения
7.	Изучение влияния материала заготовки на время ее нагрева при одинаковой установленной	ЛР	Технология проблемного обучения

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
	<p>мощности нагрева. Изучение влияния материала заготовки на энергетические процессы нагрева при различной установленной мощности нагревателя.</p>	

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

При изучении разделов дисциплины «Электронагрев материалов» 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, выполнение тестовых заданий, решение типовых задач, выполнение контрольной работы.

**Промежуточный контроль знаний:** зачет с оценкой.

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

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

Контрольная работа – самостоятельная работа студента, основанная на изучении литературных и иных источниках информации по заданной теме. Объем контрольной работы не должен превышать 20 страниц печатного текста, включая таблицы, графики, эскизы, схемы и фотографии, необходимые для иллюстрации и раскрытия сути заданной темы. 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:  
**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 № 2. Обосновывающие расчеты для выбора электрокалориферной установки.

#### Тест № 1 (Вариант № 1)

1. Какой способ нагрева применяют в электрокалориферах типа СФОЦ?
  - 1) Индукционный.
  - 2) Диэлектрический.
  - 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 оребрением?
  - 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°C.

2) 600°C.

3) 100°C.

4) 300°C.

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

**По разделу 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

Лабораторная работа № 1. Изучение двухпозиционной системы регулирования температуры в электрической печи.

## Задания и контрольные вопросы для защиты лабораторной работы.

1. Объясните принцип двухпозиционного регулирования температуры в электрической печи сопротивления.
2. Чем вызваны колебания температуры нагревателей при двухпозиционном регулировании?
3. Что необходимо предпринять, для того, чтобы уменьшить их амплитуду?
4. Какими способами можно достичь уменьшения мощности, потребляемой печью?
5. Пояснить графическую зависимость изменения мощности печи от времени.
6. Техника безопасности при эксплуатации электрических печей сопротивления.

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

**По разделу 2.** Основные положения расчета электронагревательных установок  
**Теме 1.** Основные положения расчета электронагревательных установок  
Практическое занятие № 1. Решение задач по определению параметров элементных нагревателей.

### Вопросы для устного опроса

1. По каким признакам классифицируются электротермические установки?
2. Назовите виды и задачи расчетов электротермических установок.
3. Дайте определение и охарактеризуйте полный расчёт электротермической установки.
4. В чем заключается гидравлический и механический расчёт электронагревательных установок?
5. Дайте определение и охарактеризуйте электрический расчёт электронагревательной установки.
6. Дайте определение и охарактеризуйте тепловой расчёт электронагревательных установок.
7. С какой целью проводят тепловой расчет электронагревательных установок?
8. Что положено в основу теплового расчета электронагревательных установок?
9. Какие составляющие входят в тепловой баланс животноводческого помещения?
10. Напишите формулу общего КПД электротермической установки.
11. Напишите формулу определения электрического КПД электротермической установки.
12. Напишите формулу определения термического КПД электротермической установки.
13. Назовите, какие показатели определяют при расчете электрических характеристик электротермической установки?

5) Пример типовых задач для текущего контроля знаний, обучающихся:

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

**Теме 2. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных 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.

б) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой):

- 1.Сельское хозяйство как сфера использования электронагревательных материалов.
- 2.Технологические воздействия в сельскохозяйственном производстве.
3. Объем электрической энергии в энергетическом балансе сельского хозяйства.
- 4.Общие понятия об электронагреве материалов.
- 5.Общие понятия электротермии.
- 6.Классификация электротермических установок.
- 7.Основные способы преобразования электроэнергии в другие виды
- 8.Особенности электроконтактного нагрева.
- 9.Расчет установок электротермического нагрева.
- 10.Особенности электродного нагрева.
- 11.Электродные системы и схемы их замещения.
- 12.Расчет электродных нагревателей периодического действия с плоскими электродами.
- 13.Расчет электродных нагревателей периодического действия с коаксиальными электродами.
- 14.Расчет электродных нагревателей непрерывного действия с плоскими электродами.
- 15.Расчет электродных нагревателей непрерывного действия с коаксиальными электродами.
- 16.Регулирование мощности электронагревателей при электродном нагреве.
- 17.Косвенный нагрев методом сопротивления и требования к материалу нагревательных элементов.
- 18.Конструкции нагревательных элементов.
- 19.Способы теплоотдачи от нагревательных элементов.
- 20.Расчет нагревательных элементов по поверхностной мощности.
- 21.Расчет нагревательных элементов по рабочему току и расчетной температуре.
- 22.Регулирование мощности при элементном нагреве.
- 23.Физические основы индукционного нагрева.
- 24.Удельная поверхностная мощность при индукционном нагреве.

25. КПД системы «индуктор – деталь» при индукционном нагреве.
26. Коэффициент мощности при индукционном нагреве.
27. Выбор частоты при индукционном нагреве.
28. Режимы индукционного нагрева.
29. Физические основы диэлектрического нагрева.
30. Расчет параметров диэлектрического нагревателя.
31. Физические основы электродугового нагрева и статическая вольтамперная характеристика электрической дуги.
32. Устойчивость горения электрической дуги.
33. Регулирование тока электрической дуги.
34. Особенности горения электрической дуги переменного тока.
35. Термоэлектрические явления.
36. Принципы работы полупроводникового теплового насоса.
37. Энергетические показатели полупроводникового теплового насоса.
38. Условие получения максимальной холодопроизводительности полупроводникового теплового насоса.
39. Вывод общего уравнения электронагрева.
40. Определение мощности электротермических установок периодического действия.
41. Определение мощности электротермических установок непрерывного действия.
42. Расчет изолирующей вставки для электродного водонагревателя.
43. Каковы пределы регулирования мощности трехфазного нагревателя, имеющего по два нагревательных элемента в каждой фазе?
44. От каких параметров индуктора и нагреваемой детали зависит КПД индукционного нагрева?
45. Техника безопасности при эксплуатации электродных водонагревателей.
46. Зависимость температуры и скорости нагрева от времени при постоянной мощности электрического нагревателя.
47. Каковы причины ограничения плотности тока и напряженности электрического поля в электродных нагревателях?
48. Выбор мощности источника питания для электроконтактного и дугового нагрева.
49. Требования, предъявляемые к материалу нагревательных элементов.
50. Принцип выбора устройств на базе нагревательных проводов и кабелей.
51. Принцип выбора трубчатых электрических нагревателей (ТЭНов).

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

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

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практиче-



ской деятельности выпускника. Критерии выставления оценок по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» представлены в таблице 7.

Таблица 7

**Критерии оценивания результатов обучения (зачета с оценкой)**

Оценка	Критерии оценивания
<b>Высокий уровень «5» (отлично)</b>	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно; не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
<b>Средний уровень «4» (хорошо)</b>	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; в основном сформировал практические навыки.
<b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b>	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы.
<b>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</b>	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа контрольных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**7.1 Основная литература**

1. Баранов, Л.А. Светотехника и электротехнология [Текст]: уч. пособие для вузов/ Л.А. Баранов, В.А.Захаров. – М.: КолосС, 2008. – 344 с.
2. Башилов А.М. Низкотемпературный электронагрев [Текст]: уч. пособие / А.М. Башилов, С.А. Растимешин, С.С. Трунов, С.А. Егоров, Ю.Б. Катков. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 68 с.

3. Юдаев, И.В., Живописцев, Е.И. Электрический нагрев: основы физики процессов и конструктивных расчетов [Электронный ресурс]: уч. пособие / И.В. Юдаев, Е.И. Живописцев.– СПб.: Издательство «Лань», 2018.– 196 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/102248#2>.

## **7.2 Дополнительная литература**

1. Багаев, А.А. Электротехнология [Текст]: уч. 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; МСХ РФ, Алтай. гос. аграр. ун-т. - Барнаул: [б. и.], 2006. – 319 с.
2. Басов, А.М. Электротехнология [Текст]: уч. пособие для вузов / А.М. Басов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
3. 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.
4. Живописцев, Е.Н., Косицын, О.А. Электротехнология и электрическое освещение [Текст]: уч. пособие / Е.Н. Живописцев, О.А. Косицын. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990.– 303 с.
5. Карасенко, В.А. Электротехнология [Текст]: уч. пособие для вузов /В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1992. – 304 с.
6. Куликова, Л.В. Электротехнология в кормопроизводстве [Текст]: уч. пособие по курсу «Электротехнол. установки с.-х профиля» / Л. В. Куликова; Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (Барнаул). – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. – 28 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. 7 издание, дополненное с исправлениями. – М.: Норматика, 2018.
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 «Электронагрев материалов» являются лекции, лабораторные работы, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции проводятся на пото-

ке, практические занятия в группах, лабораторные работы в подгруппах. По курсу предусмотрено выполнение контрольной работы.

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

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

### Программно-информационное обеспечение дисциплины

Программы: программная среда AutoCAD 2, программная среда Multisim, Microsoft Office, Mathcad 14, LOGO SOFT COMFORT, интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

1. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).

2. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ).

3. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (открытый доступ).

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

## 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 2 «Основные положения расчета электронагревательных установок»	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
2.	Раздел 3 «Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Выбор источника питания электроконтактного нагрева»	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
3.	Раздел 4 «Электродный нагрев. Расчет электродных нагревательных устройств. Особенности эксплуатации электродных во-	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010

	донагревателей»				
4.	<b>Раздел 5 «Косвенный электронагрев сопротивлением. Требования к материалам и конструкции нагревательных элементов»</b>	Microsoft Word Microsoft Excel  Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Презентация	Microsoft Microsoft  Microsoft	2010 2010  2010

## 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	Лаборатория «Электротехнологические установки». Лабораторный стенд «Электротехнологические установки и системы» исполнение стендовое с ноутбуком ЭТУ-СН - 2 шт. инв. № 410124000603071 и инв. № 410126000000025. 1) Моноблок «Индукционный нагрев металлов» - 1 шт. 2) Моноблок «Модель электрической печи сопротивления» - 1 шт. 3) Ноутбук – 1 шт. 4) USB-осциллограф – 1 шт. 5) Лабораторная стойка - 1 шт. 6) Комплект силовых кабелей и соединительных проводов - 1 шт. Выполняемые на стенде лабораторные работы: 1. Изучение двухпозиционной системы регулирования температуры в электрической печи. 2. Изучение системы регулирования температуры в электрической печи по П, и ПИД законам. 3. Изучение принципа действия установок индукционного нагрева. 4. Изучение влияния материала заготовки на время ее нагрева при одинаковой установленной мощности нагревателя. 5. Изучение влияния материала на энергетические процессы нагрева при различной установленной мощности нагревателя.

	6. Определение зависимости эффективности нагрева от перекрытия поля заготовкой в индукторе. 7. Изучение влияния магнитных материалов на процесс индукционного нагрева.
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 студентам по освоению дисциплины

В учебном курсе «Электронагрев материалов» студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при разработке электронагревательных устройств и установок в технологических процессах. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Электронагрев материалов» 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, инфракрасного нагрева и сушки. Организовать электронное хранилище информации по своей специальности 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. Максимально использовать возможности практик: производственной практики по получению профессиональных умений и опыта

профессиональной деятельности (электромонтажной) и производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (эксплуатационной) для изучения электронагревательных установок, имеющих на предприятии.

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

6. Регулярно посещать тематические выставки, например, «Агропроммаш», «Золотая осень», «Интерсвет» и др.

### **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 «Электронагрев материалов», 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 «Электронагрев материалов» 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 сопроводить демонстрацией реальных источников нагрева и физических моделей.
3. Чтение **лекций** целесообразно сопровождать демонстрацией презентаций, с помощью слайдов и элементов компьютерной графики, а также различ-

ных 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 «Электротехнология».

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 практического занятия первый час занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. Второй час занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить студентам решить индивидуальные задания. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов.

**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 (контрольную работу).

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

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)