

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

И.О. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

"\_30\_" \_\_\_\_\_05\_\_\_\_\_2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Электротехнология**

Направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль)

Электроснабжение, электрооборудование и электрохозяйство  
предприятий, организаций и учреждений

Квалификация выпускника

Бакалавр

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электротехнология» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

- 16 Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство (в сфере проектирования и эксплуатации объектов электроэнергетики);
- 20 Электроэнергетика (в сферах электроэнергетики и электротехники).

Дисциплина направлена на решение типов задач профессиональной деятельности:

- проектной;
- технологической;
- эксплуатационной;
- организационно – управленческой;
- наладочной.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способен участвовать в разработке отдельных разделов при проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> – Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений
			ИД-2 <sub>ПКв-1</sub> – Обосновывает выбор целесообразного решения
			ИД-3 <sub>ПКв-1</sub> – Подготавливает разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений
			ИД-4 <sub>ПКв-1</sub> – Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
2	ПКв-2	Способен участвовать в оформлении технической документации при проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПКв-2</sub> – Подготавливает разделы проектной документации на основе типовых технических решений.
			ИД-2 <sub>ПКв-2</sub> – Демонстрирует знания нормативных актов, относящихся к проектированию объектов профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> – Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений	Знает: методы сбора и анализа информации
	Умеет: составлять конкурентно-способные технические решения
	Владеет: навыками проектирования
ИД-2 <sub>ПКв-1</sub> – Обосновывает выбор целесообразного решения	Знает: понятие целесообразности
	Умеет: обосновывать выбор целесообразного решения электротехнологического оборудования
	Владеет: целесообразностью
ИД-3 <sub>ПКв-1</sub> – Подготавливает разделы предпроектной документации на основе	Знает: о предпроектной документации
	Умеет: подготавливает разделы предпроектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений

типовых технических решений	Владеет: навыками предпроектной работы
ИД-4 <sub>ПКв-1</sub> – Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	Знает: о взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
	Умеет: демонстрировать понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
	Владеет: пониманием взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
ИД-1 <sub>ПКв-2</sub> – Подготавливает разделы проектной документации на основе типовых технических решений.	Знает: о проектной документации
	Умеет: подготавливает разделы проектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений
	Владеет: навыками проектной работы
ИД-2 <sub>ПКв-2</sub> – Демонстрирует знания нормативных актов, относящихся к проектированию объектов профессиональной деятельности	Знает: о действующих нормативных актах в области электротехнологии
	Умеет: учитывать требования нормативных актов при проектировании объектов профессиональной деятельности
	Владеет: нормативным мышлением при решении задач создания и эксплуатации электротехнологического оборудования

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Электротехнология» относится к вариативной части Блока 1 основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Дисциплина относится к модулю «Оборудование».

Изучение дисциплины «Электротехнология» основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Химия», «Введение в электроэнергетику и электротехнику», «Общая энергетика», «Электрические системы и сети», «Теоретические основы электротехники», «Электробезопасность на промышленных предприятиях».

Дисциплина «Электротехнология» является предшествующей для освоения следующих дисциплин: «Электроснабжение промышленных предприятий и установок», «Энергосбережение и энергоаудит», «Проектная деятельность в электроэнергетике и электротехнике», «Диагностика, ремонт и монтаж электроэнергетического оборудования», «Диагностика, монтаж и эксплуатация систем электроснабжения», для проведения следующих практик: Учебная практика, ознакомительная практика; Производственная практика, преддипломная практика.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **9** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		5	6
Общая трудоемкость дисциплины	<b>324</b>	<b>108</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия</b>	<b>123,85</b>	<b>45,85</b>	<b>78</b>
Лекции	51	15	36
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	66	30	36
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Консультации текущие	2,55	0,75	1,8
Консультации по курсовому проектированию	2		2

Консультации перед экзаменом	2	-	2
Виды аттестации (зачет, экзамен)	0,3	0,1	0,2
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>166,35</b>	<b>62,15</b>	<b>104,2</b>
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	28	10	18
Проработка материалов по учебникам: (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	69,35	37,15	32,2
Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	33	15	18
Курсовой проект	36		36
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>33,8</b>	<b>-</b>	<b>33,8</b>

## 5 Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
<b>5 семестр</b>			
1	Электромагнитные явления в технологических процессах	Понятие «электротехнология». Характеристики электромагнитного поля как носителя энергии. Балансовые уравнения. Основы взаимодействия электромагнитных полей с материалами и биологическими объектами. Классификация электротехнологических процессов по частотному диапазону волн электромагнитного поля.	50,15
2	Электротермические установки	Закономерности преобразования электромагнитной энергии в тепловую. Классификация электротермических установок. Электронагрев сопротивлением. Установки электроконтактного нагрева. Оборудование электроконтактной сварки, напекания, наплавки, электромеханической обработки.	57
<i>Консультации текущие</i>			0,75
<i>Зачет</i>			0,1
<b>6 семестр</b>			
3	Установки диэлектрического нагрева	Основы теории диэлектрического нагрева. Классификация технологических СВЧ-процессов. Генераторы СВЧ. Магнетроны. Волноводы. Объемные резонаторы. Излучатели.	40
4	Установки индукционного нагрева	Физические основы и особенности индукционного нагрева. Конструкция индукторов. Расчет индукционных нагревателей на различных частотах. Источники питания индукционных установок. Электромагнитные преобразователи частоты.	40
5	Облучательные установки	Физические основы генерирования и преобразования оптических излучений. Особенности УФ, видимого и ИК излучения. Установки лазерной обработки высокой мощности.	30
6	Установки с использованием	Электростатическое поле и поле коронного разря-	20

	электростатического поля и поля коронного разряда	да. Установки сепарации и обработки зерна и семян. Электроаэрозольные установки. Установки озонирования воды и воздуха.	
7	Инновационные электротехнологии	Гидромеханические процессы разделения неоднородных систем электрофлотационными методами. Многофункциональные электромембранные технологии. Электродиализ. Электроплазмолиз. СВЧ-экстрагирование. Электрохимические процессы гальванопластики и гальваностегии. Магнитная обработка материалов.	48,2
	<i>Консультации текущие</i>		1,8
	<i>Подготовка к экзамену</i>		33,8
	<i>Консультации перед экзаменом + Экзамен</i>		2,2

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	СРО, час
5 семестр				
1.	Электромагнитные явления в технологических процессах	7	14	29,15
2.	Электротермические установки	8	16	33
	<i>Консультации текущие</i>			0,75
	<i>Зачет</i>			0,1
6 семестр				
3.	Установки диэлектрического нагрева	8	8	24
4	Установки индукционного нагрева	8	8	24
5	Облучательные установки	6	6	18
6	Установки с использованием электростатического поля и поля коронного разряда	4	4	12
7	Инновационные электротехнологии	10	10	28,2
	<i>Консультации текущие</i>			1,8
	<i>Консультации по курсовому проекту</i>			2
	<i>Консультации перед экзаменом</i>			2
	<i>Экзамен</i>			0,2

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
5 семестр			
1	Электромагнитные явления в технологических процессах	Понятие «электротехнология». Характеристики электромагнитного поля как носителя энергии. Балансовые уравнения. Основы взаимодействия электромагнитных полей с материалами и биологическими объектами. Классификация электротехнологических процессов по частотному диапазону волн электромагнитного поля.	7
2	Электротермические установки	Закономерности преобразования электромагнитной энергии в тепловую. Классификация электротермических установок. Электронагрев сопротивлением. Установки электроконтактного нагрева. Оборудование электроконтактной сварки, напекания, наплавки, электромеханической обработки.	8
6 семестр			

3	Установки диэлектрического нагрева	Основы теории диэлектрического нагрева. Классификация технологических СВЧ-процессов. Генераторы СВЧ. Магнетроны. Волноводы. Объёмные резонаторы. Излучатели.	8
4	Установки индукционного нагрева	Физические основы и особенности индукционного нагрева. Конструкция индукторов. Расчет индукционных нагревателей на различных частотах. Источники питания индукционных установок. Электромагнитные преобразователи частоты.	8
5	Облучательные установки	Физические основы генерирования и преобразования оптических излучений. Особенности УФ, видимого и ИК излучения. Установки лазерной обработки высокой мощности.	6
6	Установки с использованием электростатического поля и поля коронного разряда	Электростатическое поле и поле коронного разряда. Установки сепарации и обработки зерна и семян. Электроаэрозольные установки. Установки озонирования воды и воздуха.	4
№ п/п	Наименование технологии	Гидромеханические процессы разделения и обработки сыпучих материалов электрофлотационными методами. Многофункциональные электромембранные технологии. Электродиализ. Электроплазмолиз. СВЧ-экстрагирование. Электрохимические процессы гальваностегии. Магнитная обработка ванапластики и металлов.	Трудоемкость, час
1.	5.2.2 Практические занятия Электромагнитные явления в технических процессах	Расчет характеристик электромагнитного поля. Использование уравнений баланса при расчетах преобразований электромагнитных полей.	4
		Изучение взаимодействия электромагнитных полей с веществом	6
2	Электротермические установки	Термодинамический расчет в электротермии	4
		Электронагрев сопротивлением	6
		Изучение оборудования электроконтактной сварки	6
6 семестр			
3	Установки диэлектрического нагрева	Изучение СВЧ-печи	4
		Расчёт КПД СВЧ-нагрева	4
4	Установки индукционного нагрева	Изучение конструкции индуктора	4
		Расчёт индукционных нагревателей	4

5	Облучательные установки	Расчёт КПД генерирования и преобразования оптического излучения	<b>2</b>
		ИК-сушка	<b>4</b>
6	Установки с использованием электростатического поля и поля коронного разряда	Получение и изучение коронного разряда	<b>4</b>
7	Инновационные электротехнологии	Изучение процесса электрофлотации	<b>6</b>
		Гальванопластика	<b>4</b>

### 5.2.3 Лабораторный практикум не предусмотрен

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
5 семестр			
1.	Электромагнитные явления в технологических процессах	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс-задач)	<b>29,15</b>
2.	Электротермические установки	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс-задач)	<b>33</b>
6 семестр			
3.	Установки диэлектрического нагрева	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Курсовой проект	<b>24</b>
4.	Установки индукционного нагрева	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Курсовой проект	<b>24</b>
5.	Облучательные установки	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Курсовой проект	<b>18</b>
6.	Установки с использованием электростатического поля и поля коронного разряда	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-задач) Подготовка к защите по практическим работам: (собеседо-	<b>12</b>

		вание, тестирование, решение кейс- задач) Курсовой проект	
7.	Инновационные электротехнологии	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс- задач) Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс- задач) Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс- задач) Курсовой проект	28,2

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

1. Боцман, В. В. Светотехника и электротехнология : 2019-08-27 / В. В. Боцман. — Белгород : БелГАУ им.В.Я.Горина, 2016. — 139 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123351>
2. Светотехника и электротехнологии : учебное пособие / А. В. Жиряков, М. М. Иванюга, В. В. Ковалев, Н. И. Яковенко. — Брянск : Брянский ГАУ, 2023. — 65 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/385490>
3. Моисеев, А. П. Светотехника и электротехнология : учебное пособие / А. П. Моисеев, А. В. Волгин, Л. А. Лягина. — Саратов : Вавиловский университет, 2017. — 130 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/137520>

### 6.2 Дополнительная литература

1. Алиев, И. И. Электротехника и электрооборудование: базовые основы : учебное пособие для вузов / И. И. Алиев. — 5-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04254-2. — <https://urait.ru/bcode/492448>

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Данылиев, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. – 32 с. Режим доступа в электронной среде: <http://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>.

### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Образовательная платформа «Юрайт»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
ЭБС «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
АИБС «МегаПро»	<a href="https://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web">https://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="http://minobrnauki.gow.ru">http://minobrnauki.gow.ru</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="http://education.vsuet.ru">http://education.vsuet.ru</a>

**6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения 3KL».

**При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение**

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
Альт Образование	Лицензия № ААА.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>  Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Libre Office 6.1	Лицензия № ААА.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)
КОМПАС 3D LT v 12	(бесплатное ПО) <a href="http://zoomexe.net/ofis/project/2767-kompas-3d.html">http://zoomexe.net/ofis/project/2767-kompas-3d.html</a>
T-FLEX CAD 3D Университетская	Договор № 74-В-ТСН-3-2018 с ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ» от 07.05.2018 г. Лицензионное соглашение № А00007197 от 22.05.2018 г.
Компас 3D V21	Лицензионное соглашение с ЗАО «Аскон» № КАД-16-1380 Сублицензионный договор с ООО «АСКОН-Воронеж» от 09.02.2022 г.
APM WinMachine	Лицензионное соглашение с ООО НТЦ «АПМ» № 105416 от 22.11.2016 г.

**Справочно-правовые системы**

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Аудитории для проведения учебных занятий, в том числе в форме практической подготовки включают в себя:

Ауд. 53. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Мультимедийный проектор Epson EB-430 в комплекте с экраном 132x234 и креплением ELPMB27.

Ауд. 311. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд - "Мирэм" (10 шт.).

Ауд. 329. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд - "ЛЭС" (8 шт.), лабораторный стенд "ЭВ" (2 шт.).

Ауд. 333. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд "СИПЭМ" (3 шт.), лабораторный стенд "ЭВ" (2 шт.); мультимедийный проектор BENQ MS500 в комплекте с экраном; компьютер IntelCore i3 540 (1 шт.).

Ауд. 315. Компьютерный класс: Компьютер IntelCore i3 540 (5 шт.).

**Дополнительно** для самостоятельной работы обучающихся используются читальные залы ресурсного центра ВГУИТ оснащенные компьютерами со свободным доступом в сеть Интернет и библиотечным и информационно- справочным системам.

## **8.Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

- методические материалы, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

ОМ представляются отдельным компонентом и **входят в состав рабочей программы дисциплины.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных средствах».

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
**к рабочей программе**

**1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной или заочной форм обучения**

**1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 9 зачетных единиц

Виды учебной работы	Всего академических часов, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		6 сем	7сем
Общая трудоемкость дисциплины	<b>324</b>	<b>108</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия</b>	<b>36</b>	<b>15,8</b>	<b>20,2</b>
Лекции	14	6	8
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	14	8	6
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Консультации текущие	2,1	0,9	1,2
Рецензирование контрольных работ обучающихся-заочников	1,6	0,8	0,8
Консультации по курсовому проектированию	2	-	2
Консультации перед экзаменом	2	-	2
Виды аттестации (зачет, экзамен)	0,3	0,1	0,2
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>277,3</b>	<b>88,3</b>	<b>189</b>
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	28	12	16
Проработка материалов по учебникам: (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	152,9	43,1	109,8
Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	42	24	18
Контрольная работа	18,4	9,2	9,2
Курсовой проект	36	-	36
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>10,7</b>	<b>3,9</b>	<b>6,8</b>

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Электротехнология**

**1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способен участвовать в разработке отдельных разделов при проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> – Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений
			ИД-2 <sub>ПКв-1</sub> – Обосновывает выбор целесообразного решения
			ИД-3 <sub>ПКв-1</sub> – Подготавливает разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений
			ИД-4 <sub>ПКв-1</sub> – Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
2	ПКв-2	Способен участвовать в оформлении технической документации при проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПКв-2</sub> – Подготавливает разделы проектной документации на основе типовых технических решений.
			ИД-2 <sub>ПКв-2</sub> – Демонстрирует знания нормативных актов, относящихся к проектированию объектов профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-1 <sub>ПКв-1</sub> – Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений	Знает: методы сбора и анализа информации
	Умеет: составлять конкурентно-способные технические решения
	Владеет: навыками проектирования
ИД-2 <sub>ПКв-1</sub> – Обосновывает выбор целесообразного решения	Знает: понятие целесообразности
	Умеет: обосновывать выбор целесообразного решения электротехнологического оборудования
	Владеет: целесообразностью
ИД-3 <sub>ПКв-1</sub> – Подготавливает разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений	Знает: о предпроектной документации
	Умеет: подготавливает разделы предпроектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений
	Владеет: навыками предпроектной работы
ИД-4 <sub>ПКв-1</sub> – Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	Знает: о взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
	Умеет: демонстрировать понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
	Владеет: пониманием взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
ИД-1 <sub>ПКв-2</sub> – Подготавливает разделы проектной документации на основе типовых технических решений.	Знает: о проектной документации
	Умеет: подготавливает разделы проектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений
	Владеет: навыками проектной работы
ИД-2 <sub>ПКв-2</sub> – Демонстрирует знания норма-	Знает: о действующих нормативных актах в области электротехнологии

Электромеханика		3.2 Задачи для самостоятельных работ на практических занятиях		3.2 Задачи для самостоятельных работ на практических занятиях	
Номер задачи	Описание задачи	Задачи	Формулировка задачи	Контроль	Контроль
1	Произведите расчет предельно допустимого уровня напряженности электростатического поля при воздействии на персонал более одного часа за смену по формуле:	19 – 27	19 – 27	Рубежный контроль	Рубежный контроль
	где $E_{пду}$ – предельно допустимый уровень напряженности поля, кВ/м; $t$ – время воздействия, ч.	28 – 29	28 – 29	Итоговый контроль	Итоговый контроль
	Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности электростатического поля ( $E_{пду}$ ) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа.	30 – 34	30 – 34	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		35 – 41	35 – 41	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		42 – 47	42 – 47	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		48 – 53	48 – 53	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		54 – 63	54 – 63	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		64 – 67	64 – 67	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		68 – 72	68 – 72	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		73 – 75	73 – 75	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		76 – 78	76 – 78	Итоговый контроль	Итоговый контроль
		79 – 84	79 – 84	Итоговый контроль	Итоговый контроль

2

Рассчитать энергетический баланс печи сопротивления периодического действия на основе исходных данных приведенных ниже. Составить сводную таблицу статей энергетического баланса. Сделать выводы по возможному улучшению режима электропотребления на исследуемой печи.

Исходные данные

Нагреваемый металл	Загрузка печи,	Температура внутренней поверхности кладки в начале отжига, °С	Время нагрева до температуры отжига, ч	Температура подсушивания, °С	Мощность печи, кВт
высокопрочный чугун	15	50	9	650	900

Электротермические установки являются одними из наиболее крупных потребителей электроэнергии в промышленности, поэтому особо важна оптимизация их режима работы. Энергетический баланс позволяет выявить потери и определить возможности экономии электроэнергии.

Энергетический баланс выявляет соотношение между общим количеством электроэнергии потребляемой печью, полезным расходом (нагрев заготовок), сопутствующим расходом (нагрев печи, поддона и т.д.) и величиной потерь энергии передачи и трансформации.

*1. Полезный расход энергии на нагрев металла до температуры отжига*

$$W_n = c \cdot G \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

где  $c$  - удельная теплоемкость металла, в 1 цикл отжига -  $c = 502$  Дж/кг<sup>0</sup>С; во 2 -  $c = 628$  Дж/кг<sup>0</sup>С;

$G$  - вес отжигаемого металла, кг;

$\theta_1, \theta_2$  - температура металла в начале и конце нагрева,

$$1 \text{ цикл отжига: } \theta_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}, \theta_2 = 945 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$2 \text{ цикл отжига: } \theta_1 = 650 \text{ } ^\circ\text{C}, \theta_2 = 730 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Получаем следующие значения полезного расхода:

$$1 \text{ цикл отжига: } W_n^{1ц} = 502 \cdot 15000 \cdot (945 - 20) = 6965,25 \text{ МДж}$$

$$2 \text{ цикл отжига: } W_n^{2ц} = 628 \cdot 15000 \cdot (730 - 650) = 753,6 \text{ МДж}$$

*2. Потери энергии через футеровку печи*

Расчет ведется для каждой поверхности печи по формуле расчета теплопередачи через плоскую многослойную стенку.

$$W_{\theta} = q \cdot F_p \cdot \tau$$

где  $q$  - удельный тепловой поток, в 1 цикл отжига -  $q = 600$  Вт/м<sup>2</sup>; во 2 -  $q = 90$  Вт/м<sup>2</sup>;

$F_p$  - расчетная площадь поверхности, м<sup>2</sup>;

$\tau$  - время потерь, с.

На 1 цикле отжига время потерь складывается из времени нагрева до температуры отжига  $\tau_H$  и времени самого цикла отжига  $\tau_{01}$ .

$$\tau^{1ц} = \tau_H + \tau_{01} = 32400 + 10800 = 43200 \text{ с}$$

На 2 цикле отжига время потерь складывается из времени нагрева от температуры подстуживания металла до температуры 2 цикла отжига (0,5 часа) и времени 2 цикла отжига  $\tau_{02}$ .

$$\tau^{2ц} = 1800 + \tau_{02} = 1800 + 18000 = 19800 \text{ с}$$

Получаем:

$$\text{1 цикл отжига: } W_{\theta, \text{стен}}^{1ц} = 600 \cdot 48,8 \cdot 43200 = 1264,896 \text{ МДж}$$

$$W_{\theta, \text{нода}}^{1ц} = 600 \cdot 17,6 \cdot 43200 = 456,192 \text{ МДж}$$

$$W_{\theta, \text{свода}}^{1ц} = 600 \cdot 23,4 \cdot 43200 = 606,528 \text{ МДж}$$

$$\text{2 цикл отжига: } W_{\theta, \text{стен}}^{2ц} = 90 \cdot 48,8 \cdot 19800 = 86,9616 \text{ МДж}$$

$$W_{\theta, \text{нода}}^{2ц} = 90 \cdot 17,6 \cdot 19800 = 31,3632 \text{ МДж}$$

$$W_{\theta, \text{свода}}^{2ц} = 90 \cdot 23,4 \cdot 19800 = 41,6988 \text{ МДж}$$

### 3. Потери энергии на тепловые короткие замыкания

Данный расход энергии появляется вследствие нарушения сплошности кладки печи трубками термопар и выводами нагревателей. Величина потерь принимается равной 50% от потерь теплопередачей через кладку печи.

$$W_{\text{т.к.з}} = 0,5 \cdot (W_{\theta, \text{стен}} + W_{\theta, \text{нода}} + W_{\theta, \text{свода}})$$

где  $W_{\theta, \text{стен}}$ ,  $W_{\theta, \text{нода}}$ ,  $W_{\theta, \text{свода}}$  - потери энергии теплопередачей через стены, свод и под печи, МДж.

Получаем:

$$1 \text{ цикл отжига: } W_{m.k.z}^{1u} = 0,5 \cdot (1264,896 + 456,192 + 606,528) = 1163,808 \text{ МДж}$$

$$2 \text{ цикл отжига: } W_{m.k.z}^{2u} = 0,5 \cdot (86,9616 + 31,3632 + 41,6988) = 80,012 \text{ МДж}$$

#### 4. Расход энергии на аккумуляцию тепла кладкой печи

$$W_{AK} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n c_i \cdot G_i \cdot (\theta_{cp,i}'' - \theta_{cp,i}')^{\cdot}$$

где  $m$  - количество циклов отжига;

$c_i$  - удельная теплоемкость материала  $i$ -го слоя кладки,

шамот -  $c = 900$  Дж/кг $^{\circ}$ С;                      диамот -  $c = 920$  Дж/кг $^{\circ}$ С;

шлаковата -  $c = 1000$  Дж/кг $^{\circ}$ С;                      кожух -  $c = 462$  Дж/кг $^{\circ}$ С;

засыпка пода -  $c = 920$  Дж/кг $^{\circ}$ С;                      асбест пода -  $c = 835$  Дж/кг $^{\circ}$ С;

жароупорная плита -  $c = 880$  Дж/кг $^{\circ}$ С;

$G_i$  - вес материала  $i$ -го слоя, кг;

шамот -  $G = 18480$  кг;                      диамот -  $G = 9550$  кг;

шлаковата -  $G = 600$  кг;                      кожух -  $G = 3900$  кг; засыпка пода -  $G = 80$  кг;

асбест пода -  $G = 140$  кг;                      жароупорная плита -  $G = 2170$  кг;

$\theta_{cp,i}''$ ,  $\theta_{cp,i}'$  - средняя температура  $i$ -го слоя в начале и конце нагрева, принимается одинаковой для всех слоев равной разности температур внутреннего слоя камеры печи в начале и конце нагрева.

$$1 \text{ цикл отжига: } \theta_1 = 20^{\circ}\text{C}, \theta_2 = 945^{\circ}\text{C}, \text{ т.е. } \theta_{cp} = 925^{\circ}\text{C};$$

$$2 \text{ цикл отжига: } \theta_1 = 650^{\circ}\text{C}, \theta_2 = 730^{\circ}\text{C}, \text{ т.е. } \theta_{cp} = 80^{\circ}\text{C}.$$

Получаем:

1 цикл отжига:

$$W_{AK}^{1u} = (900 \cdot 18480 + 920 \cdot 9550 + 1000 \cdot 600 + 462 \cdot 3900 + 920 \cdot 80 + 835 \cdot 140 + 880 \cdot 2170) \cdot 925 = 27675,91 \text{ МДж}$$

2 цикл отжига:

$$W_{AK}^{2ц} = (900 \cdot 18480 + 920 \cdot 9550 + 1000 \cdot 600 + 462 \cdot 3900 + 920 \cdot 80 + 835 \cdot 140 + 880 \cdot 2170) \cdot 80 = 2393,592 \text{ МДж}$$

#### 5. Суммарные тепловые потери энергии

Суммарный расход энергии, обусловленный неизбежными потерями тепловой энергии рассчитывается за все циклы отжига

$$W_{ТП} = \sum_{j=1}^m (W_{AK.j} + W_{\theta.j} + W_{т.к.з.j})$$

где  $W_{AK.j}$  - энергия, аккумулируемая печью за  $j$ -й цикл отжига, МДж;

$W_{\theta.j}$  - потери энергии теплопередачей через кладку печи за  $j$ -й цикл отжига, МДж;

$W_{т.к.з.j}$  - потери энергии на тепловые короткие замыкания за  $j$ -й цикл отжига, МДж

Получаем:

1 цикл отжига:

$$W_{ТП}^{1ц} = 27675,91 + 1264,896 + 456,192 + 606,528 + 1163,808 = 31167,33 \text{ МДж}$$

2 цикл отжига:

$$W_{ТП}^{2ц} = 2393,592 + 86,9616 + 31,3632 + 41,6988 + 80,012 = 2633,63 \text{ МДж}$$

#### 6. Электрические потери, связанные с трансформацией и передачей энергии

Электрические потери представляют сумму потерь энергии в трансформаторе и кабельной сети

$$W_{ЭП} = W_T + W_{КС}$$

где  $W_T$  - потери энергии в трансформаторе, МДж;

$W_{КС}$  - потери энергии в кабельной сети, МДж;

##### 6.1 Потери энергии в трансформаторе

$$W_T = (P_{х.х} + k_{3,T}^2 \cdot P_{к.з}) \cdot \tau$$

где  $P_{x.x}$  - мощность холостого хода трансформатора,  $P_{x.x} = 2450$  Вт;

$P_{к.з}$  - мощность короткого замыкания трансформатора,  $P_{к.з} = 12200$  Вт;

$k_{з.Т}$  - коэффициент загрузки трансформатора;

$\tau$  - время потерь, в расчете берется время нагрева, с

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$k_{з.Т} = \frac{P_p}{\cos \varphi \cdot S_T}$$

где  $P_p$  - расчетная мощность печи, Вт;

$S_T$  - мощность трансформатора,  $S_T = 1000$  кВА;

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности печи;

Расчетная мощность печи:

$$P_p = k_з \cdot P_H \cdot k_в$$

где  $k_з$  - коэффициент загрузки нагревателей, принимается равным в режиме нагрева 1, в режиме отжига – 0,333;

$P_H$  - номинальная мощность нагревателей,  $P_H = 900$  кВт;

$k_в$  - коэффициент включения нагревателей, принимается равным в режиме нагрева 1, в режиме отжига – 0,5;

Таким образом, подставив числовые значения в выражения получим расчет потерь энергии в трансформаторе для режима нагрева и отжига. Расчет сведен в таблицу 3.1.

**Таблица 3.1 – Расчет потерь энергии в трансформаторе**

Режим работы	Нагрев	Отжиг
Расчетная мощность печи $P_p = k_з \cdot P_H \cdot k_в$ , кВт	900	149,85
Коэффициент загрузки трансформатора $k_{з.Т} = \frac{P_p}{\cos \varphi \cdot S_T}$	1,0	0,167
Потери энергии $W_T = (P_{x.x} + k_{з.Т}^2 \cdot P_{к.з}) \cdot \tau$ , МВт	474,66	50,22

### 6.2 Потери энергии в кабельной сети

$$W_{КС} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot \tau$$

где  $I$  - ток в фазе, А;

$R$  - сопротивление жилы кабеля, Ом;

$\tau$  - время потерь, с

Ток в фазе сети определяем по формуле:

$$I = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U}$$

где  $U$  - напряжение сети, В;

Сопротивление жилы кабеля:

$$R = \sum_{i=1}^2 r_0 \cdot l_i$$

где  $r_0$  - сопротивление жилы кабеля на единицу длины, 1 участок -  $r_0 = 0,155 \cdot 10^{-4}$  Ом/м; 2 участок -  $r_0 = 0,645 \cdot 10^{-4}$  Ом/м

$l$  - длина участка кабельной линии, 1 участок -  $l = 30$  м; 2 участок -  $l = 240$  м.

Подставив числовые значения в выражения получим расчет потерь энергии в кабельной сети для режима нагрева и отжига. Расчет сведен в таблицу 3.2.

**Таблица 3.2 – Расчет потерь энергии в кабельной сети**

Режим работы	Нагрев	Отжиг
Ток в фазе, $I = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U}$ , А	1299,04	216,29
Сопротивление жилы, $R = r_0 \cdot l$ , Ом	0,016	
Потери энергии, $W_{КС} = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot \tau$ , МВт	2624,41	40,42

Получаем электрические потери;

$$W_{ЭП} = 474,66 + 2624,12 = 3098,78 \text{ МДж}$$

$$W_{ЭП} = 50,22 + 40,42 = 90,64 \text{ МДж}$$

### 7. Общий расход и приход энергии из электрической сети

Общий расход энергии за весь технологический цикл включает:

- расход энергии на нагрев металла;
- расход энергии на тепловые потери;
- расход энергии на электрические потери.

$$W = W_n + W_{ТП} + W_{ЭП}$$

Получаем:

1 цикл отжига:  $W^{1ц} = 6965,25 + 31167,33 + 3099,07 = 41231,65$  МДж

2 цикл отжига:  $W^{2ц} = 753,60 + 2633,63 + 90,64 = 3477,87$  МДж

Расход энергии на весь технологический процесс:

$$W = 41231,65 + 3477,87 = 44709,52 \text{ МДж}$$

#### 8. Энергетические показатели работы печи сопротивления

- удельный расход электроэнергии:

$$УРЭ = \frac{W}{G} = \frac{44709,52}{15000} = 2,98 \text{ МДж/кг}$$

- термический коэффициент полезного действия:

$$\eta_m = \frac{W_n}{W_n + W_{ТП}} = \frac{7718,85}{7718,85 + 33800,96} = 0,19$$

- электрический коэффициент полезного действия:

$$\eta_{э} = \frac{W_n + W_{ТП}}{W} = \frac{7718,85 + 33800,96}{44709,52} = 0,93$$

- полный коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{W_n}{W} = \frac{7718,85}{44709,52} = 0,18 / 0,17$$

В таблице 3.3 приведены статьи энергетического баланса.

**Таблица 3.3 – Энергетический баланс электрической печи сопротивления периодического действия**

<b>Показатели работы</b>		
<b>Наименование</b>	<b>Ед. изм.</b>	<b>Величина</b>
Вес отжигаемого металла	кг	15000

Температура отжига по 1 циклу	град	945	
Температура отжига по 2 циклу	град	730	
Температура после 1 цикла	град	650	
Температура кладки начальная	град	50	
Время 1 цикла	час	3	
Время 2 цикла	час	5	
Удельный расход электроэнергии	МДж/кг	2,98	
	кВт·ч/т	827,95	
Электрический КПД	-	0,93	
Термический КПД	-	0,19	
Полный КПД	-	0,17	
<b>Статьи баланса</b>			
<b>Расход энергии</b>	<b>МДж</b>	<b>кВт·ч</b>	<b>%</b>
Нагрев металла	7718,85	2144,13	17,27
Потери тепловые	33800,96	9389,17	75,60
через свод	648,227	180,06	1,45
через под	487,556	135,43	1,09
через стены	1351,858	375,52	3,02
аккумуляция кладкой печи	30069,502	8352,65	67,26
тепловые к.з	1243,82	345,51	2,78
Потери электрические	3189,71	886,03	7,13
в трансформаторе	524,88	145,80	1,17
в кабельной сети	2664,83	740,23	5,96
ИТОГО	44709,52	12419,33	100

**Вывод:** из анализа энергетического баланса печи сопротивления следует, что на покрытие тепловых потерь расходуется 75% энергии. Также велики потери на аккумуляцию тепла кладкой печи. Они напрямую зависят от температуры камеры печи в начале цикла отжига. То есть, чем дольше длится замена тележки с металлом, тем ниже температура в начале нового цикла, тем больше уходит энергии на нагрев новой партии металла. Не выгодны получаются длительные простои сутки и более. Дополнительное снижение фактических удельных расходов электроэнергии может быть достигнуто за счёт следующих мероприятий:

- а) уменьшение потерь энергии на аккумуляцию тепла кладкой печи при применении лёгких и эффективных огнеупорных и теплоизоляционных материалов (легковесов);

- б) уменьшение тепловых потерь через футеровку, что достигается применением материалов с улучшенными теплофизическими свойствами, повышением герметичности камеры печи, поддержанием футеровки в исправном состоянии;
- в) своевременная замена выгоревших нагревателей, что приводит к повышению мощности печи до проектной и уменьшению времени нагрева.

3

Для трехфазной печи сопротивления выбрать материал нагревателя и определить конструктивные размеры нагревателя.

Исходные данные

Конструкция нагревателя	Относительные витковые расстояния	Нагреваемый металл	Схема соединения нагревателей	Мощность печи, кВт	Рабочая температура в печи, °С	Напряжение сети, В
Ленточный зигзаг	2,0	сталь	$\Delta$	54	700	380

Решение:

- 1) По рабочей температуре в печи (максимальная температура нагрева изделия  $Q_{изд}$ ) выбирается материал нагревательного элемента. Рабочая температура нагревателя принимается на  $50 \div 200^\circ\text{C}$  выше температуры изделия

$$Q_{изд} + (50 \div 200) \leq Q_{раб.пред}$$

$$750 \div 900 \leq Q_{раб.пред}$$

Выбираем материал нагревательного элемента нихром.

- 2) Для выбранного материала с учетом его рабочей температуры и температуры изделия по рис.6 определяется удельная поверхностная мощность идеального нагревателя,  $\omega_{ид}$ .

$$\omega_{ид} = 3 \cdot 10^4 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

- 3) Для заданной конструкции рассчитываем реальную удельную поверхностную мощность,  $\omega$ .

$$\omega = \omega_{уд} \cdot (F_{эф} / F_H) \cdot \alpha_c = \omega_{ид} \cdot \alpha_{эф} \cdot \alpha_\Gamma \cdot \alpha_c$$

где  $\alpha_{эф} = 0,4$  – коэффициент эффективности излучения нагревателя

“ ленточный зигзаг ” при минимальных относительных витковых расстояниях;  $\alpha_\Gamma = 1,55$  – коэффициент шага, учитывающий влияние на  $\omega$  относительных витковых расстояний;  $C_{пр}$  – приведенный коэффициент излучения изделия.

$$C_{пр} = \frac{5,7}{1/\varepsilon_{изд} + 1/\varepsilon_H^{-1}} = \frac{5,7}{1/0,8 + 1/0,8^{-1}} = 2,78 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{K}^4)$$

где  $\varepsilon_H, \varepsilon_{изд}$  – коэффициенты теплового излучения материала нагревателя и изделия (сталь –

0,8; нихром – 0,8).

$$\alpha_c = 0,26 \cdot Cnp = 0,26 \cdot 2,78 = 0,723 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$$

тогда  $\omega = \omega_{уд} \cdot \alpha_{эф} \cdot \alpha_{\Gamma} \cdot \alpha_c = 3 \cdot 10^4 \cdot 0,4 \cdot 1,55 \cdot 0,723 = 1,35 \cdot 10^4 \text{ Вт}/\text{м}^2$

4) Определяем основные размеры нагревателей.

Для нагревателей прямоугольного сечения задаются соотношением сторон сечения  $B/a=m=10$

$$a = \sqrt[3]{\frac{\rho \cdot P^2}{2 \cdot m \cdot (m+1) \cdot U^2 \cdot \omega}} = \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot 10^{-6} \cdot (18 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 10 \cdot (10+1) \cdot 380^2 \cdot 1,35 \cdot 10^4}} = 1,043 \text{ мм}$$

где  $\rho$  - удельное электрическое сопротивление материала нагревателя при рабочей температу-

ре  $\rho = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м};$

$P=54/3=18 \text{ кВт}$  - мощность одной фазоветви;

$U=380\text{В}$  - напряжение на нагревателе данной фазы;

$\omega$  - удельная поверхностная мощность нагревателя,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

Выбирается стандартное ближайшее сечение нагревателя  $1 \times 10$ , из следующей шкалы, мм ,  
 $1 \times 10; 1,5 \times 15; 2,0 \times 15; 2,2 \times 20; 2,5 \times 20; 3,0 \times 20; 2,2 \times 25; 2,5 \times 25; 3,0 \times 35; 2,2 \times 30; 2,5 \times 30; 3,0 \times 30; 2,2 \times 36;$   
 $2,5 \times 36; 3,0 \times 36; 2,2 \times 40; 2,5 \times 40; 3,0 \times 40.$

5) Рассчитываем активное сопротивление нагревателя и вес нагревателя для всей печи:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{380^2}{18 \cdot 10^3} = 8,022 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{380}{8,022} = 47,37 \text{ А}$$

$$l = n \cdot \frac{R \cdot S}{\rho} = 3 \cdot \frac{8,022 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 160,44 \text{ м}$$

где  $n$  - количество фазоветвей

$$S = B \cdot a = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$G = S \cdot l \cdot \gamma = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 160,44 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 12,514 \text{ кг}$$

где  $\gamma$  - плотность материала нагревателя (нихром),  $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$ ,

5) Уточняем значение удельной поверхностной мощности:

$$\omega = \frac{P}{F} = \frac{P}{2 \cdot (B + a) \cdot l} = \frac{54 \cdot 10^3}{2 \cdot (1 + 10) \cdot 160,44 \cdot 10^{-3}} = 1,53 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2$$

Сравнивая со значением, положенным в основу расчета, можно сделать заключение о наличии незначительного расхождения. Основные характеристики нагревателя и печи сведены в таблицы 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Характеристика нагревательного элемента

Материал, конструкция	Для одной фазоветви			$\omega_{\text{исходн}}$	$a \cdot B$ мм	l, м	G, Кг
	P, кВт	U, В	I, А	$\omega_{\text{уточн.}}$ Вт/м <sup>2</sup> 10 <sup>4</sup>			
Нихром, Ленточный зигзаг	18	380	47,37	1,35, 1,53	1x10	160,44	12,514

Таблица 1.2

Характеристика печи как потребителя электроэнергии

P, кВт	U, В	Схема соединения нагревателей	Количество фа- зоветвей	Ток фазы, А	Ток линейный, А
54	380	$\Delta$	3	47,37	82,05

4

Расчёт магнитопровода и обмоток сварочного трансформатора.

**Исходные данные:**

$S_{\text{н}} = 30 \text{ кВА}$

$\text{КПД} = 70 \%$

$I_{2\text{н}} = 400 \text{ А}$

$U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$

$U_{2\text{х}} = 60 \text{ В}$

$U_{2\text{р}} = 30 \text{ В}$

**Определить:**

1. Сечение сердечника;

2. Сечение первичной, вторичной обмотки и выбрать стандартное.

### Решение:

#### 1. Определение сечения сердечника:

Магнитопровод состоит из холоднокатаной электротехнической стали Э 330 толщиной 0,35 мм:

Выбираем нормализованный диаметр  $d_H = 10$  см, сечение стержней ( $P_c$ ) сердечников выбираем прямоугольное:

$$P_c = 0,25 K_{кр} \cdot K_3 \cdot \pi \cdot d_H^2 = 0,25 \cdot 0,85 \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 66,725 \text{ м}^2,$$

где  $K_{кр} \cdot K_3 = K_c$

$K_c$  — коэффициент заполнения сталью;

$K_{кр}$  — коэффициент заполнения площади круга;

$K_3$  — коэффициент заполнения.

$$K_{кр} = 0,915, \quad K_3 = 0,93; \quad K_c = 0,915 \cdot 0,93 = 0,85.$$

#### 2. Электродвижущая сила одного витка

$$E_{\text{внт}} = U_B - 4,44 \cdot f \cdot B_C \cdot P_c \cdot 10^{-4} \text{ (В)},$$

$$U_B = 4,44 \cdot 50 \cdot 1,4 \cdot 66,725 \cdot 10^{-4} = 0,31 \text{ В},$$

где  $f$  — промышленная частота, Гц;

$B_C$  — индукция в стержнях;

$P_c$  — активное сечение стержня, см<sup>2</sup>.

Из Т.14-4 (3)  $B_C = 1,4$  Тл  $f = 50$  Гц.

#### 3. Число витков обмотки на фазу

$$\omega = \frac{U_\phi \cdot 10}{4,44 \cdot f \cdot B_C \cdot P_c} \quad \text{или} \quad U_B = \frac{U_\phi}{\omega}, \text{ В}$$

$$\omega_1 = \frac{U_\phi}{U_B} = \frac{220}{0,31} = 709.$$

К количеству первичной обмотки всегда прибавляется 2÷3 %, т. к. в сетях напряжение непостоянно, т. е.

$$\omega = \frac{U_\phi \cdot 10}{4,44 \cdot f \cdot B_C \cdot P_c} \text{ ч. витков.}$$

#### 4. Средняя плотность тока в обмотках для медного провода (предварительно)

$$\Delta_m = 0,746 K \frac{P_k \cdot U_B}{S \cdot d_{12}}, \text{ А/мм}^2$$

или плотность тока в обмотках с потерями короткого замыкания  $\Delta_m = 2,4 \text{ А/мм}^2$

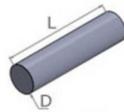
Определяем число витков вторичной обмотки т. к.

$$K_{\text{ТР}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad K_{\text{ТР}} = \frac{220}{30} = 7,3$$

то  $\omega = \frac{\omega_1}{K_{\text{ТР}}} = \frac{730}{7,3} = 100$  витков.

	<p>5. Определяем диаметры обмоточных проводов</p> $d_1 = 1,13\sqrt{I_1/\Delta m} \text{ мм};$ $I_1 = I_2 = \frac{I_{2H}}{K_{TP}} = 54,8 \text{ А};$ $d_1 = 1,13\sqrt{54,8/2,4} = 5,32 \approx 6 \text{ мм},$ <p>где <math>I_1</math> — ток первичной обмотки, А;  <math>I_2</math> — ток вторичной обмотки, А;  <math>K_{TP}</math> — коэффициент трансформации.</p> <p>6. Сечение стандартного обмоточного провода</p> $P_{B1} = F_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,7854 \cdot d^2 = 0,7854 \cdot 5,32^2 = 22,2 \approx 23,5 \text{ мм}^2;$ $d_2 = 1,13\sqrt{I_2/\Delta m} = 1,13\sqrt{400/2,4} = 14,58 \text{ мм};$ $P_{B2} = F_2 = P_{B1} \cdot d_2^2 = 0,7854 \cdot d_2^2 = 0,7854 \cdot 14,58^2 = 167 \text{ мм}^2.$ <p>Сравниваем со стандартным и выбираем</p> $F_{2, \text{стандарт}} = 169,5 \text{ мм}^2.$ <p>7. Выбираем марку обмоточного провода  — провод марки ПДС прямоугольный для первичной обмотки  <math>a = 4 \text{ мм}, \quad b = 5,5 \text{ мм};</math>  — провод вторичной обмотки типа ПСДК прямоугольный трехслойный (плашмя)  <math>a = 5,5 \text{ мм}, \quad b = 12,5 \text{ мм}.</math></p>
5	<p>Определить КПД СВЧ-нагревателя, если КПД рабочего конденсатора составляет 85%, электрический КПД контура 70%, а на потери в ВЧ соединениях приходится 90%.</p> <p>Ответ: 54%.</p> <p>Выбор ВЧ — генератора сводится к определению его мощности и частоты. Колебательная мощность ВЧ — генератора</p> $P_r = \Phi / (\eta_{\Sigma} \eta_k \eta_s),$ <p>где <math>\Phi</math> — тепловой поток, необходимый для термической обработки материала;  <math>\eta_k</math> — КПД рабочего конденсатора, <math>\eta_k = 0,8 \dots 0,9</math>;  <math>\eta_{\Sigma}</math> — электрический КПД колебательного контура, <math>\eta_{\Sigma} = 0,65 \dots 0,7</math>;  <math>\eta_s</math> — КПД, учитывающий потери в высокочастотных соединительных проводах, <math>\eta_s = 0,9 \dots 0,95</math>.</p> <p>Мощность, потребляемая генератором из сети:</p> $P_c = P_r / \eta_c = \Phi / (\eta_c \eta_k \eta_s \eta_{\Sigma}),$ <p>где <math>\eta_c</math> — КПД генератора, <math>\eta_c = 0,65 \dots 0,85</math>.</p>
6	<p>Используя калькулятор расчёта мощности установки индукционного нагрева <a href="https://ambit.pro/kalkulator/">https://ambit.pro/kalkulator/</a>, оцените рекомендуемую габаритную мощность установки для нагрева образца стали.</p>

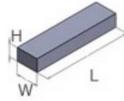
Выберите тип заготовки:



Стальная цилиндрическая заготовка



Стальная полая труба



Стальная прямоугольная заготовка

Усредненные характеристики на стали:

Плотность (кг/м<sup>3</sup>):

Теплоемкость (Дж/(кг·°C)):

Расчет мощности для нагрева стальной цилиндрической заготовки

Диаметр заготовки (D, мм):

Длина заготовки (L, мм):

Температура нагрева (T, °C):

Время нагрева одной заготовки (t, сек):

Результаты расчетов

Масса заготовки: **0.30 кг**

Время нахождения в индукторе для нагрева до 1200 °C: **16 сек**

Минимальное количество заготовок в проходном индукторе: **1 шт**

Длина проходного индуктора: **100 мм**

Мощность необходимая для нагрева заготовки без учета потерь: **6 кВт\***

Рекомендуемая габаритная мощность установки для нагрева концов заготовок: **20 кВт\***

Рекомендуемая габаритная мощность установки для нагрева заготовок в проходном индукторе: **10 кВт\***

7

Оцените, как изменится доза облучения, если эффективный поток излучения возрастет в три раза, а время экспозиции уменьшится в два раза.

Ответ: возрастёт на 50%.

Устройства для передачи лучистой энергии определенной интенсивности и спектрального состава от источника приемнику называется облучательными установками. Энергия излучения, отнесенная величине облучаемой поверхности за время облучения  $\tau$ , называется дозой облучения или экспозицией:

$$H = E_{эф} \tau = \frac{\Phi_{эф}}{A} \tau,$$

где  $H$  — доза облучения;

$E_{эф}$  — облучённость,  $E_{эф} = \frac{\Phi_{эф}}{A}$ ;

$\Phi_{эф}$  — эффективный поток;

$A$  — площадь приёмника излучения;

$\tau$  — время.

8

Как необходимо изменить величину напряжённости электрического поля коронного разряда для эффективной сепарации частиц, если размер частиц не изменился, а плотность возросла в 4 раза?

	<p>Ответ: напряжённость поля должна быть увеличена как минимум в два раза.</p> <p>Сепарация семян в электрическом поле возможна по напряженности поля, если решета колеблется в горизонтальной плоскости. Семена в этом случае находятся все время в контакте с решетом и заряжаются контактным способом. Одна из сил, действующих на частицы, обусловлена напряженностью электростатического поля:</p> $E_0 > \frac{\sqrt{m_i}}{l_s} K_\phi,$ <p>где <math>m_i</math> — масса частицы,  <math>K</math> — коэффициент, определяемый формой, углом наклона большой оси по отношению к решету и диэлектрической проницаемостью частицы.</p>
9	<p>Как изменится поток разделяемого при электродиализе вещества при увеличении градиента концентрации в два раза и увеличении градиента электрического потенциала в два раза?</p> <p>Ответ: увеличится в два раза.</p> <p>Перенос ионов выражается суммой двух скоростей потоков, обусловленных градиентом концентрации растворов и градиентом электрического потенциала:</p> $\frac{V}{S \cdot t} = \frac{h_1 \Delta E}{R} + \frac{h_2 D \Delta C}{l},$ <p>где <math>h_1</math> и <math>h_2</math> — коэффициенты пропорциональности;  <math>\Delta E</math> — разность потенциалов;  <math>R</math> — электрическое сопротивление ячейки;  <math>D</math> — коэффициент диффузии;  <math>\Delta C</math> — разность концентрации;  <math>l</math> — толщина мембраны;  <math>V</math> — объёмный поток;  <math>S</math> — площадь мембраны;  <math>t</math> — время/</p>

### 3.3 Тесты (тестовые задания)

№ задания	Тестовое задание с вариантами ответов и правильными ответами
10	<p>Какие процессы называются электротехнологическими и какое оборудование им соответствует?</p> <p>Ответ:</p> <p>– электротермические процессы и электротермическое оборудование для осуществления этих процессов;</p> <p>– оптические процессы и оборудование;</p> <p>– химические процессы и оборудование;</p> <p>– ионные технологии.</p>
11	К основному оборудованию электротехнологических установок (ЭТУ) относятся ...

	<p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Рабочий инструмент</b></li> <li>- Аппаратура измерения и контроля.</li> <li>- Системы обеспечения водой и газом.</li> <li>- <b>Источник питания</b></li> </ul>
12	<p>К вспомогательному оборудованию электротехнологических установок (ЭТУ) относятся ...</p> <p>Ответ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Системы автоматизированного управления.</li> <li>2. Аппаратура измерения и контроля.</li> <li>3. Системы обеспечения водой и газом.</li> <li>4. Система охлаждения.</li> </ol>
13	<p>Перечислите установки, основанные на тепловом действии тока.</p> <p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>бытовые нагревательные приборы;</b></li> <li>- установка лазерной резки;</li> <li>- установки для магнитной сепарации;</li> <li>- <b>электродные ванны.</b></li> </ul>
14	<p>Перечислите установки, основанные на электрохимическом действии тока.</p> <p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>электролизные ванны;</b></li> <li>- <b>установки для нанесения защитных и декоративных покрытий, а также установки для изготовления изделий методом гальванопластики;</b></li> <li>- установки химического травления;</li> <li>- установки механического полирования.</li> </ul>
15	<p>Электромеханические установки - это ...</p> <p>Ответ: установки, где прохождение импульсного тока вызывает возникновение механических усилий в обрабатываемом материале.</p>
16	<p>Принцип действия электрокинетических установок основан на ...</p> <p>Ответ: на преобразовании энергии электрического поля в энергию движущихся частиц. К ним относят установки по разделению сыпучих материалов и эмульсий, очистке сточных вод, электроокраске, электрофильтры.</p>
17	<p>Излучение теплоты – это ...</p> <p>Ответ: передача теплоты в инфракрасной и видимой частях спектра. При передаче теплоты излучением энергия передается в форме электромагнитных волн. Для передачи тепловой энергии наиболее существенными являются тепловое излучение с длиной волны 0,4–400 мкм.</p>
18	<p>Согласно какому закону происходит лучистый тепловой поток от нагретого тела?</p>

	<p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определяется по закону Вина;</li> <li><b>- определяется по закону Стефана-Больцмана;</b></li> <li>- определяется по закону Бугера-Ламберта-Бера;</li> <li>- определяется по закону Малюса.</li> </ul>
19	<p>Электрический ток – это ...</p> <p>Ответ: направленное движение положительных или отрицательных электрических зарядов под действием электрического поля.</p>
20	<p>Какую проводимость имеет плазма?</p> <p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- плазма имеет электронную проводимость;</li> <li>- плазма имеет дырочную проводимость;</li> <li>- плазма имеет ионную проводимость;</li> <li><b>- плазма имеет смешанную электронно-ионную проводимость.</b></li> </ul>
21	<p>Требования, предъявляемые к нагревательным элементам:</p> <p>Ответ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жаростойкость (не должны окисляться под действием кислорода воздуха, высоких температур).</li> <li>2. Достаточная жаропрочность.</li> <li>3. Большое удельное сопротивление.</li> <li>4. Малый температурный коэффициент сопротивления.</li> <li>5. Электрические свойства нагревателей должны быть постоянны.</li> <li>6. Нагреватели должны иметь постоянный размер.</li> <li>7. Материалы должны хорошо обрабатываться.</li> </ol>
22	<p>Диапазон рабочих температур среднетемпературных нагревательных элементов ...</p> <p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 – 300 К;</li> <li>- 300 – 900 К;</li> <li><b>- 900 – 1300 К;</b></li> <li>- 1300 – 1700 К;</li> </ul>
23	<p>Для изготовления НЭ с рабочей температурой до 1500 К распространенными материалами являются...</p> <p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>- нихром;</b></li> <li><b>- фехраль;</b></li> <li>- хромель;</li> <li>- алюмель.</li> </ul>
24	<p>Для высокотемпературных печей с максимальной рабочей температурой до 1700 К применяются НЭ из ...</p> <p>Ответ:</p>

	<p>- платины;</p> <p><b>- карборунда;</b></p> <p>- титана;</p> <p>- сфалерита.</p>
25	<p>Разновидности нагревательных элементов:</p> <p>Ответ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трубчатый электронагреватель (ТЭН).</li> <li>2. Ленточные гибкие электронагреватели (ЭНГЛ).</li> <li>3. Открытые нагревательные элементы.</li> </ol>
26	<p>Как происходит нагрев в установках контактного нагрева?</p> <p>Ответ: В установках контактного нагрева преобразование электрической энергии в тепловую происходит в нагреваемом материале при непосредственном подключении их к источнику питания электроэнергией за счет прохождения через них электрического тока по закону Джоуля-Ленца</p>
27	<p>Основные недостатки электроконтактного нагрева:</p> <p>Ответ:</p> <p>ограниченность размеров заготовок;</p> <p>сравнительно малая устойчивость зажимных контактов;</p> <p>сложность нагрева заготовок переменного сечения.</p>
28	<p>В чём состоит физический принцип работы установок диэлектрического нагрева?</p> <p>Ответ:</p> <p>Использование переменного электромагнитного поля, проходящего через диэлектрики и полупроводники. Частицы диэлектрика в электрическом поле, испытывают механическое воздействие, смещающее положительно заряженные частицы в одну сторону, а отрицательно – в другую. Поляризация сопровождается потерями энергии, вызванными трением между молекулами (потери трения) и перемещением диполей (дипольные потери), которые выражаются в нагреве диэлектрика или полупроводника. Скорость нагрева определяется, в частности, частотой изменения поля.</p>
29	<p>Из каких элементов состоит индукционная установка диэлектрического нагрева?</p> <p>Ответ:</p> <p>источника питания, согласующего трансформатора или автотрансформатора, конденсаторной батареи для компенсации реактивной мощности установки; индуктора нагревательной или плавильной установки; аппаратуры защиты, регулирования и автоматического управления, соответствующих механизмов.</p>
30	<p>Индукционный нагрев – это ...</p> <p>Ответ: нагрев тел в электромагнитном поле за счет теплового действия электрического тока, протекающего по нагреваемому телу и возникающего в нем благодаря явлению элек-</p>

	тромагнитной индукции.
31	<p>Индукционная плавильная установка – это ...</p> <p>Ответ:</p> <p>индукционная установка, в которой нагреваемый материал меняет свое агрегатное состояние в процессе нагрева.</p>
32	<p>Индуктор – это ...</p> <p>Ответ: проводник (или система проводников определенной конфигурации), подключаемый к внешнему источнику переменного тока и предназначенный для бесконтактного наведения в нагреваемом изделии электромагнитного поля и электрического тока, разогревающего изделие.</p>
33	<p>Для чего служит конденсаторная батарея в установке индукционного нагрева?</p> <p>Ответ: служит для компенсации реактивной мощности индуктора.</p>
34	<p>Преимущества индукционного нагревателя: ...</p> <p>Ответ:</p> <p><b>1. Передача электрической энергии непосредственно в нагреваемое тело позволяет осуществить прямой нагрев материалов (глубинный нагрев) и значительно увеличить его скорость по сравнению с печами косвенного нагрева, где изделие нагревается только через поверхностный слой.</b></p> <p>2. Максимальный уровень температур ограничен только мощностью источников переменного тока.</p> <p>3. При передаче электрической энергии в нагреваемое тело нужны контактные устройства, что упрощает конструкцию и облегчает автоматизацию и нагрев в вакууме и защитных средах.</p> <p><b>4. В индукционных плавильных печах при передаче энергии в расплав возникают электродинамические усилия, способствующие перемешиванию расплава в объеме тигля, что ускоряет процесс плавления и позволяет получать металл с однородными свойствами.</b></p>
35	<p>Оптическим источником называют ...</p> <p>Ответ.</p> <p>Устройство, в котором возникают видимые глазу фотоны при нагреве, протекании электрического тока или при электрическом разряде.</p>
36	<p>Какие спектральные отличия имеют излучения от разрядов в газах при малых давлениях и от нагретых тел?</p> <p>Ответ.</p> <p>Газовый разряд даёт линейчатый спектр излучения, в то время как нагретые тела имеют сплошной спектр излучения.</p>
37	<p>Когда возможен максимальный тепловой эффект от облучения?</p> <p>Ответ.</p>

	При совпадении длины волны монохроматического источника света с длиной волны, соответствующей максимальной фоточувствительности приёмника.
38	<p>Ультрафиолетовый источник света – это ...</p> <p>Ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- источник излучения с длиной волны от 180 до 400 нм;</li> <li>- источник излучения с длиной волны от 400 до 600 нм;</li> <li>- источник излучения с длиной волны от 600 до 800 нм;</li> <li>- источник излучения с длиной волны от 800 до 4000 нм;</li> </ul>
39	<p>Наиболее сильным бактерицидным воздействием обладает излучение с длиной волны ...</p> <p>Ответ. 180 – 280 нм.</p>
40	<p>Источником энергии для фотосинтеза служит...</p> <p>Ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- преимущественно коротковолновая часть видимого спектра (синие лучи)</li> <li>- преимущественно ИК-излучение;</li> <li>- преимущественно длинноволновая часть видимого спектра (красные лучи);</li> <li>- преимущественно УФ-излучение;</li> </ul>
41	<p>Лазер – это...</p> <p>Ответ. Источник оптического когерентного излучения, отличающегося высокой направленностью и большой плотностью энергии. Работа лазера основана на способности возбуждённых атомов (молекул, ионов) под действием внешнего (вынуждающего) излучения испускать когерентные электромагнитные волны оптического диапазона.</p>
42	<p>Электронно-ионные технологии – это ...</p> <p>Ответ: область электротехнологии, использующая взаимодействие сильных электрических полей с электрически заряженными частицами твёрдого или жидкого материала с целью придания им различных форм упорядоченного и целенаправленного движения.</p>
43	<p>Что такое коронный разряд?</p> <p>Ответ. Коронным разрядом, или сокращенно короной, называют вид электрического разряда в газе (воздухе), возникающий в резко неоднородном поле, когда радиус кривизны одного или обоих электродов намного меньше межэлектродного расстояния.</p>
44	<p>Основные способы зарядки частиц в электрических полях:</p> <p>Ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ионная;</li> <li>зарядка на электроде в электростатическом поле;</li> <li>совмещение ионной зарядки с зарядкой на электроде.</li> </ul>
45	Какие классы электросепараторов известны?

	<p>Ответ.</p> <p>Спараторы по виду электрического поля: электростатические, коронные, с переменным полем и комбинированные; по конструкции - на камерные, барабанные, транспортерные (ленточные), решетные и др.</p>
46	<p>Аэрозоль – это ...</p> <p>Ответ. Аэрозолями называют системы, состоящие из твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде. Размер аэрозольных частиц примерно от 1 нм до долей миллиметра.</p>
47	<p>Электроокраска - это ...</p> <p>Ответ: Электроокраска - один из широко применяемых на практике видов электроаэрозольной обработки. Ее сущность заключается в распылении краски, зарядке ее частиц и осаждении их на изделие в электрическом поле. Поле создается за счет того, что между распылителем краски и заземленным изделием приложено постоянное высокое напряжение (60...120 кВ).</p>
48	<p>Электрофлотация – это ...</p> <p>Ответ. Метод основан на проведении электролиза воды на нерастворимых электродах и флотационном эффекте. В процессе электрофлотации нерастворимые загрязняющие вещества поднимаются на поверхность воды, переносимые всплывающими микропузырьками водорода и кислорода, образующимися при электролизе воды.</p>
49	<p>Электроплазмолиз – это...</p> <p>Ответ. Обработка сырья электрическим током низкой и высокой частоты, в результате которой происходит плазмолиз протоплазмы. Сущность метода заключается в разрушающем воздействии тока на белково-липидные мембраны растительных тканей с сохранением целостности клеточных оболочек.</p>
50	<p>Гальванопластика – это ...</p> <p>Ответ. Формообразование из цветного металла при помощи осаждения его из раствора (расплава) под действием электрического тока на матрице.</p>
51	<p>Гальваностегия – это ...</p> <p>Ответ. Электролитическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета, детали.</p>
52	<p>Перечислите преимущества и недостатки постоянные магнитов по сравнению с электромагнитами.</p> <p>Ответ. Постоянные магниты по сравнению с электромагнитами дешевле и проще по конструкции, не требуют электропроводки и источников электропитания, безопасны в пожарном отношении. При их использовании магнитное поле не может внезапно исчезнуть. Основные недостатки постоянных магнитов заключаются в затруднительности регулирования магнитной индукции и ослаблении магнитного поля с течением времени. Последнее обстоятельство вынуждает периодически намагничивать постоянные магниты.</p>
53	<p>Как работает магнитная очистка семян?</p>

	<p>Ответ: Семена предварительно обрабатываются магнитным порошком. Порошок хорошо пристает к шероховатой поверхности семян сорняков и не пристает к гладкой поверхности семян культурных растений. Семена, обработанные порошком, поступают на поверхность вращающегося барабана, изготовленного из неферромагнитного материала (латуни). Внутри барабана находится электромагнит, полюсы которого занимают примерно половину окружности сверху донизу. Семена сорняков, покрытые порошком, и излишки порошка притягиваются к поверхности барабана и сбрасываются вниз под барабаном. Семена культурного растения, не покрытые порошком, свободно падают с барабана, не достигнув его нижней части.</p>
--	---

### 3.4 Экзамен

Номер вопроса	Текст вопроса
54	Понятие «электротехнология».
55	Характеристики электромагнитного поля как носителя энергии.
56	Балансовые уравнения.
57	Основы взаимодействия электромагнитных полей с материалами и биологическими объектами.
58	Классификация электротехнологических процессов по частотному диапазону волн электромагнитного поля
59	Закономерности преобразования электромагнитной энергии в тепловую.
60	Классификация электротермических установок.
61	Электронагрев сопротивлением.
62	Установки электроконтактного нагрева.
63	Оборудование электроконтактной сварки, напекания, наплавки, электромеханической обработки.
64	Основы теории диэлектрического нагрева.
65	Классификация технологических СВЧ-процессов.
66	Генераторы СВЧ. Магнетроны.
67	Волноводы. Объёмные резонаторы. Излучатели.
68	Физические основы и особенности индукционного нагрева.
69	Конструкция индукторов.
70	Расчет индукционных нагревателей на различных частотах.
71	Источники питания индукционных установок.
72	Электромагнитные преобразователи частоты.
73	Физические основы генерирования и преобразования оптических излучений.
74	Особенности УФ, видимого и ИК излучения.
75	Установки лазерной обработки высокой мощности.
76	Электростатическое поле и поле коронного разряда.
77	Установки сепарации и обработки зерна и семян.
78	Электроаэрозольные установки. Установки озонирования воды и воздуха.
79	Гидромеханические процессы разделения неоднородных систем электрофлотационными методами.
80	Многофункциональные электромембранные технологии. Электродиализ.
81	Электроплазмолиз.
82	СВЧ-экстрагирование.
83	Электрохимические процессы гальванопластики и гальваностегии.
84	Магнитная обработка материалов.

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03-2017 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02-2017 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

4.1 Критерии и шкалы оценки опросов на лабораторных работах.

Студенту выставляется оценка:

**«отлично»**, если студент ответил на все вопросы и допустил не более 1 ошибки;

**«хорошо»**, если студент ответил на все вопросы и допустил более 1 ошибки, но менее 3 ошибок;

**«удовлетворительно»** – студент ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ не допустил ошибки;

**«неудовлетворительно»**, если студент ответил не на все вопросы, допустил более 5 ошибок.

4.2 Критерии и шкалы оценки самостоятельного решения задач на практических занятиях.

Студенту выставляется оценка:

**«отлично»**, если студент решил задачи, привёл вывод ответа в общем виде и получил численный ответ с указанием размерности;

**«хорошо»**, если при решении задачи студент допустил незначительные ошибки в ходе вывода ответа в общем виде или при получении численного ответа, но верно указал физические законы, которые необходимо применить в решении.

**«удовлетворительно»** – студент верно указал физические законы, которые необходимо применить в решении данной задачи, но не смог их корректно использовать;

**«неудовлетворительно»**, если студент не решил задачу.

4.3 Критерии и шкалы оценки тестовых заданий.

Студенту выставляется оценка:

**«отлично»**, если студент правильно ответил на **85-100 %** вопросов теста;

**«хорошо»**, если студент правильно ответил на **70-84,99 %** вопросов теста;

**«удовлетворительно»**, если студент ответил на **49,99-69,99 %** вопросов теста;

**«неудовлетворительно»**, если студент ответил на **0-49,98 %** вопросов теста.

4.4 Критерии и шкалы оценки на экзамене. Студенту выставляется оценка:

**«отлично»**, если студент ответил на все вопросы и допустил **не более 1 ошибки**;

**«хорошо»**, если студент ответил на все вопросы и допустил более 1 ошибки, но менее 3 ошибок;

**«удовлетворительно»** – студент ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ не допустил ошибки;

**«неудовлетворительно»**, если студент ответил не на все вопросы, допустил более 5 ошибок.

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине/практике

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
ПКв-1 - Способен участвовать в разработке отдельных разделов при проектировании объектов профессиональной деятельности					
ПКв-2 - Способен участвовать в оформлении технической документации при проектировании объектов профессиональной деятельности					
<b>Знать</b> приемы методы сбора и анализа информации; понятие целесообразности; о предпроектной документации; о взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации; о проектной документации; о действующих нормативных актах в области электротехнологии	Тест	Знание приемов анализа поставленной задачи и методы поиска необходимой информации для ее решения; основы системного подхода, критического анализа и синтеза информации; методы определения и оценки последствий возможных решений задачи; решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; методов сбора и анализа информации; понятие целесообразности; о предпроектной документации; о взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации; о проектной документации; о действующих нормативных актах в области электротехнологии	60 и более % правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 60% правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Собеседование (экзамен)		обучающийся грамотно решил задачу, ответил на все вопросы, но допустил не более двух ошибок	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задач, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задач, в ответе допустил более пяти ошибок	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>Уметь</b> составлять конкурентно-способные технические	Тест	Умение анализировать задачу, осуществлять поиск необходимой информации для ее	студент активно участвует в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы, выслушивал мнения	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)

ские решения; обосновывать выбор целесообразного решения электротехнологического оборудования; подготавливает разделы предпроектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений; демонстрировать понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации; подготавливает разделы проектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений; учитывать требования нормативных актов при проектировании объектов профессиональной деятельности		решения; решать поставленные задачи, используя системный подход, на основе критического анализа и синтеза информации; оценивать последствия возможных решений; проектировать решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; составлять конкурентно-способные технические решения; обосновывать выбор целесообразного решения электротехнологического оборудования; подготавливает разделы предпроектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений; демонстрировать понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации; подготавливает разделы проектной документации электротехнологического оборудования на основе типовых технических решений; учитывать требования нормативных актов при проектировании объектов профессиональной деятельности	других		
	Задача		студент выполняет роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>Владеть</b> навыками проектирования; целесообразностью; навыками предпроектной работы; пониманием взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации; навыками проектной работы; нормативным мышлением при решении задач создания и эксплуатации	Задача	Владение навыками проектирования решения конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; навыками проектирования; целесообразностью; навыками предпроектной работы;	обучающийся грамотно и без ошибок решил задачу или обучающийся правильно решил задачу, но в вычислениях допустил ошибки	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задачи	Зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задачи	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)

электротехнологического оборудования		пониманием взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации; навыками проектной работы; нормативным мышлением при решении задач создания и эксплуатации электротехнологического оборудования			
--------------------------------------	--	---	--	--	--