

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

ФАКУЛЬТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
энергетики


А.А. Шевченко
«17 » мая 2021 г.



Рабочая программа дисциплины
«Электротехнологии в сельском хозяйстве»

Направление подготовки
35.04.06 «Агроинженерия»

Профиль подготовки
Электротехнологии и электрооборудование

Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения
Очная, заочная

Краснодар
2021

Рабочая программа дисциплины «Электротехнологии в сельском хозяйстве» разработана на основе ФГОС ВО 35.04.06 Агроинженерия, утвержденного приказом Минобрнауки России от 26.07.2017 г. № 709.

Автор:
д-р техн. наук, профессор

Д.А. Нормов

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры физики от 10.03.2021 протокол № 7.

Заведующий кафедрой
д-р техн. наук, профессор

Н.Н. Курзин

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета энергетики от 15 июня 2021 г., протокол № 10.

Председатель
методической комиссии
д-р техн. наук, профессор

И.Г. Стрижков

Руководитель
основной
профессиональной
образовательной
программы
канд. техн. наук, доцент
кафедры электрических
машин и электропривода

В.А. Дидач

1 Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электротехнологии в сельском хозяйстве» является формирование у обучающихся необходимых компетенций в области основных теоретических и научно-практических знаний прикладной физики, необходимых для решения производственных, исследовательских и проектных задач при электроснабжении объектов и производственных процессов

Задачи дисциплины:

- изучение основ использования и преобразования электроэнергии в тепловую, химическую, механическую, световую для обеспечения заданного технологического процесса;
- изучение методов проектирования и использования технологических установок, их устройства, расчета, наладки и режимов работы электротехнологического оборудования и приборов.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

ПКС-3. Способен разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства

3 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

«Электротехнологии в сельском хозяйстве» является дисциплиной обязательной части ОПОП ВО подготовки обучающихся по направлению 35.04.06 «Агроинженерия», направленность «Электротехнологии и электрооборудование».

4 Объем дисциплины (108 часа, 3 зачетные единицы)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
Контактная работа в том числе: - аудиторная по видам учебных занятий	33 32	9 8
- лекции	16	2
- практические	-	-
- лабораторные	16	6
- внеаудиторная	1	1

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
- зачет	1	1
- экзамен	-	-
- защита курсовых проектов	-	-
Самостоятельная работа в том числе:	39	63
Итого по дисциплине	72	72

5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемой дисциплины студенты сдают зачет. Дисциплина изучается на 4 курсе, в 7 семестре очной формы обучения и 4 курсе, в 8 семестре заочной формы обучения.

Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные занятия	Самосто- ятельная работа
1.	Введение. Основные понятия и определения. Основы теории и расчета электронагревательных устройств. Уравнение Максвелла, вектор Умова-Пойтинга. Способы преобразование электромагнитной волны. Схемы прямого и косвенного преобразования. Способы электрического нагрева.	ПКС-3	1	2	-	2	5
2.	Уравнение и его анализ. Расчеты мощности установок. Полезная, расчетная, потребляемая установленная номинальная мощность. Температурные режимы и энергетические показатели основных процессов сельскохозяйственного производства. Определение основных конструктивных размеров ЭНУ.	ПКС-3	1	2	-	2	5
3.	Физические основы электронагрева сопротивлением. Прямой и косвенный нагрев. Электроконтактный нагрев. Электрическое сопротивление проводников 1-го	ПКС-3	1	2	-	2	5

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные занятия	Самосто- ятельная работа
	рода, разновидность электрического нагрева, нагрев деталей простой формы						
4.	Электроконтактная сварка и наплавка. Расчет параметров и выбор нагревательных трансформаторов.	ПКС-3	1	2	-	2	5
5.	Электродный нагрев. Сущность и применение в сельскохозяйственном производстве. Электрическое сопротивление проводников 2-го рода. Электропроводность воды. Выбор материала электродов. Допустимые значения плотности тока и напряженности электрического поля.	ПКС-3	1	2	-	2	5
6.	Электродные системы (электродные нагреватели) и их параметры. Регулирование мощности. Расчет электродных систем. Недостатки электродного нагрева. Применение индукционного нагрева в ремонтном производстве.	ПКС-3	1	2	-	2	5
7.	Задачи и содержание ЭНУ. Конструктивный и проверочный расчеты. Понятие о полном расчете. Тепловой и электрический расчет. Основы кинетики нагрева	ПКС-3	1	2	-	2	5
8.	Электронагревательные устройства. Определения. Классификация электронагревательных установок (НУ) по способу нагрева, принципу нагрева, принципу действия, роду и частоте тока, способу теплопередачи, рабочей температуре. Примеры ЭНУ сельскохозяйственного назначения.	ПКС-3	1	2	-	2	4
Итого				16	-	16	39

Содержание и структура дисциплины по заочной форме обучения

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Форму- мые компе- нции	Се- местр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)

			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	Введение. Основные понятия и определения. Основы теории и расчета электронагревательных устройств. Уравнение Максвелла, вектор Умова-Пойтинга. Способы преобразование электромагнитной волны. Схемы прямого и косвенного преобразования. Способы электрического нагрева.	ПКС-3	1	-	-	2 6
2.	Уравнение и его анализ. Расчеты мощности установок. Полезная, расчетная, потребляемая установленная номинальная мощность. Температурные режимы и энергетические показатели основных процессов сельскохозяйственного производства. Определение основных конструктивных размеров ЭНУ.	ПКС-3	1	-	-	2 6
3.	Физические основы электронагрева сопротивлением. Прямой и косвенный нагрев. Электроконтактный нагрев. Электрическое сопротивление проводников 1-го рода, разновидность электрического нагрева, нагрев деталей простой формы	ПКС-3	1	2	-	2 6
4.	Электроконтактная сварка и наплавка. Расчет параметров и выбор нагревательных трансформаторов.	ПКС-3	1	-	-	2 6
5.	Электродный нагрев. Сущность и применение в сельскохозяйственном производстве. Электрическое сопротивление проводников 2-го рода. Электропроводность воды. Выбор материала электродов. Допустимые значения плотности тока и напряженности электрического поля.	ПКС-3	1	-	-	2 6
6.	Электродные системы (электродные нагреватели) и их параметры. Регулирование мощности. Расчет электродных систем. Недостатки электродного нагрева. Применение индукционного нагрева в ремонтном производстве.	ПКС-3	1	-	-	2 6
7.	Задачи и содержание ЭНУ. Конструктивный и проверочный расчеты. Понятие о полном расчете. Тепловой и	ПКС-3	1	-	-	- 6

№ п/ п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные занятия	Самосто- ятельная работа
	электрический расчет. Основы кинетики нагрева						
8.	Электронагревательные устройства. Определения. Классификация электронагревательных установок (НУ) по способу нагрева, принципу нагрева, принципу действия, роду и частоте тока, способу теплопередачи, рабочей температуре. Примеры ЭНУ сельскохозяйственного назначения.	ПКС-3	1	-	-	-	5

Итого	2	-	12	47
-------	---	---	----	----

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1 Методические указания (собственные разработки)

1. Учебно-методическое пособие для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электрооборудование и электротехнологии)» / Куб.ГАУ; Сост. Н.Н. Курzin, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_42670210_11131265.pdf

2. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электрооборудование и электротехнологии)» / КубГАУ; Сост. Н.Н. Курzin, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_42670226_10257851.pdf

3. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовых работ для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электро-оборудование и электротехнологии)» Куб.ГАУ; Сост. Н.Н. Курzin, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа:

https://elibrary.ru/download/elibrary_42718138_35845010.pdf

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП ВО

Номер семестра*	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО
ПКС-3. Способен разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	
1	Иновационные технологии в сельском хозяйстве
2	Электротехнологии в сельском хозяйстве
2	Б2.В.01.01(П) Эксплуатационная практика
4	Б2.О.01.02(П) Научно-исследовательская работа
	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное средство
	«неудовлетворительно» минимальный не достигнут	«удовлетворительно» минимальный (пороговый)	«хорошо» средний	«отлично» высокий	
ПКС-3. Способен разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства					
Знать: технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Не владеет знаниями в областях: технических заданий на проектирование и изготовления нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Имеет поверхностные знания в областях: технических заданий на проектирование и изготовления нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Знает: технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Знает на высоком уровне: технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Реферат, задания лабораторных работ, тест, контрольные работы.

Планируемые результаты освоения компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Уровень освоения				Оценочное средство
	«неудовлетворительно» минимальный не достигнут	«удовлетворительно» минимальный (пороговый)	«хорошо» средний	«отлично» высокий	
Уметь: разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Не умеет: разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Умеет на низком уровне: разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Умеет на достаточном уровне: разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Умеет на высоком уровне: разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	
Иметь навык и (или) владеть: способностью разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Не владеет: способностью разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Владеет на низком уровне: способностью разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Владеет на достаточном уровне: способностью разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	Владеет на высоком уровне: способностью разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства	

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

Примеры заданий лабораторных работ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ НАГРЕВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТО- КАМИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Цель работы: 1) Изучить принцип работы установки,

1.2) Исследовать основные электрические параметры установки.

1. Общие сведения:

В процессе ремонта тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных и других машин значительная часть их деталей подвергается нагреву. Одним из эффективных способов нагрева является индукционный. Физическая сущность которого заключается в использовании явления электромагнитной индукции, гистерезиса, поверхностного эффекта и т.п.

Явление электромагнитной индукции состоит в том, что если в переменное магнитное поле поместить электропроводящее тело, оно будет нагреваться индуцированными переменными токами, возникающими под действием электродвижущей силы

$$I = \frac{E}{Z}, \text{ А} \quad (1)$$

$$E = 4,44 fW\Phi \times 10^{-8} \quad (2)$$

где f - частота тока, Гц,

W - число витков индуктора;

Φ - магнитный поток, Тл×м²;

$Z = R^2 + X^2$ - полное сопротивление проводника, Ом.

На этом явлении основаны электротехнологические процессы - высокочастотной плавки, сварки, пайки, закалки и других. Потери энергии от перемагничивания ферромагнитных материалов (гистерезис) малы, и поэтому в расчетах ими пренебрегают.

Индукционный нагрев металлов осуществляется при использовании токов промышленной частоты (50 Гц), а также повышенной (до 10 кГц) и высокой (свыше 10 кГц) частоты.

При сравнительно большом поперечном сечении проводника или высокой частоте, переменный ток протекает главным образом в поверхностном слое проводника.

Чем выше частота тока, тем меньше глубина этого слоя:

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}} \quad (3)$$

где ρ - удельное сопротивление проводника, Ом×см.,

μ - магнитная проницаемость проводника, Гн/м.

Лабораторная установка индукционного нагрева деталей состоит (рис. 1) из силовой цепи 1 и измерительной цепи 2.

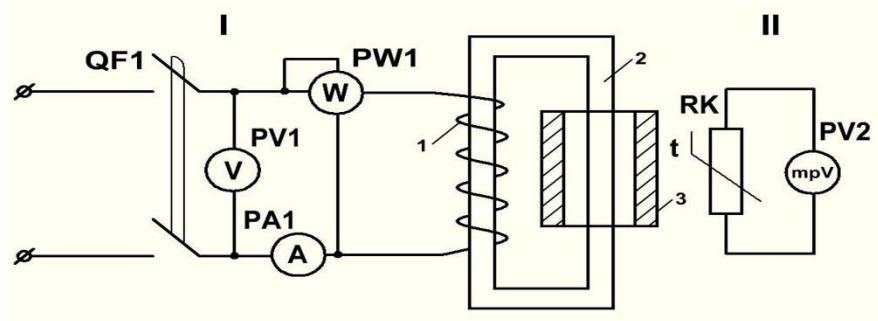


Рис. 1. Схема установки

Если в переменное магнитное поле, создаваемое первичной обмоткой 1 и сердечником 2, поместить стальную деталь 3, то в ней будет индуцироваться переменная ЭДС, под действием которой в металле возникнут вихревые токи, приводящие к его нагреву.

3. Программа работы и порядок выполнения

1. Изучить принцип действия установки.
2. Снять основные характеристики цепи.
3. Определить основные энергетические показатели.

Работа выполняется в следующем порядке:

1. Собрать цепь и установку для нагрева цилиндра.
2. С разрешения преподавателя или лаборанта произвести нагрев детали до 70- 75°C при поочередном включении: 1-400, 2-530, 3 -600, 4 -660, 5 -750 витков первичной цепи.
3. С момента включения установки записывать показания приборов в таблицу 1 через каждые 15 сек.
4. При переключении витков деталь охлаждать.
5. Собрать установку для нагрева венца.
6. Выполнить операции, описанные в п.п. 2 и 3.

Таблица 1

Венец							Венец						
τ , с	t , °C	I, A	U, В	n, вит	P, Вт	V, град/ с	τ , с	t , °C	I, A	U, В	n, вит	P, Вт	V, град/ с
0				650			0				770		
15							15						
30							30						
45							45						

7. По полученным данным построить графические зависимости для двух деталей: температуры деталей от времени нагрева и количества витков первичной обмотки

$$t_1 = f(\tau_1), t_2 = f_1(\tau_2(n)), t_1 = f_2(n), t_2 = f_3(n)$$

8. Определить скорости нагрева деталей по формуле:

$$V = \frac{\Delta t}{\Delta \tau} \quad (4)$$

где Δt – приращение температуры детали за время $\Delta \tau$, °C;

$\Delta \tau$ – время нагрева детали между двумя отсчётами, с.

9. По данным, полученным в пункте 8, построить графические зависимости скоростей нагрева деталей в зависимости от их конструктивных особенностей, количества витков первичной обмотки $V_1 = f_4(\tau)$ и $V_2 = f_5(n)$, а также времени нагрева $V_3 = f_6(\tau)$ и $V_4 = f_7(\tau_2)$.

10. Определить расход электроэнергии на нагрев деталей:

$$A_o = G_c \times (t_k - t_h), \text{ кДж} \quad (5)$$

где G_1 – масса цилиндра = 1000 г; G_2 – масса венца = 850 г.

C – удельная теплоёмкость стали детали = 0,55 $\frac{\text{кДж} \times \text{кг}}{\text{град}}$

11. Определить электроэнергию, потребляемую установкой за весь период нагрева деталей:

$$A_y = P\tau, \text{ кВт}\times\text{с} \quad (6)$$

где P – мощность установки, кВт.

τ – время нагрева детали, сек.

12. Определить КПД установки:

$$\eta = \frac{A_o}{A_y} \quad (7)$$

13. Найти удельную полезную мощность нагрева деталей:

$$P_y = \frac{A_o}{\tau V} \quad (8)$$

где V_1 – объем венца, см³.

14. Определить с помощью клещей Ц 90 величину тока I_2 , наводимого в венце, в зависимости от числа витков первичной обмотки 1. Построить графическую зависимость $I_2 = f(n)$.

3. Содержание отчета

1. Электрическая схема установки.
2. Таблица экспериментальных результатов.
3. Графики зависимостей, указанных в пп. 7, 9, 14.
4. Выводы

4. Контрольные вопросы

1. В чем сущность явлений электромагнитной индукции, поверхностного эффекта, эффекта близости?
2. Каков принцип действия установки?
3. Чем объясняется характер полученных экспериментальных зависимостей?
4. Какие факторы влияют на скорость нагрева деталей?
5. Какова область применения установок в сельском хозяйстве?

Пример теста

№1 (Балл 1)

Уменьшение числа витков индуктора ведет к:

- 1 ускорению нагрева
- 2 замедлению нагрева
- 3 число витков и скорость нагрева не связаны
- 4 незначительному замедлению

№2 (1)

Если напряженность поля увеличится в 2 раза, то индуцируемый ток в проводнике:

- 1 увеличится в 4 раза
- 2 увеличится примерно в 1.7 раз
- 3 увеличится в 2 раза
- 4 не изменится

№3 (1)

Возникновение тока в проводнике, помещенном в переменное магнитное поле, называется:

- 1 индукция
- 2 индуктивность
- 3 вектор индукции
- 4 все ответы правильные

№4 (1)

Напряженность поля индуктора не зависит от:

- 1 числа витков индуктора
- 2 магнитного потока
- 3 частоты тока
- 4 сопротивления индуктора

№5 (1)

Соотношение активного и индуктивного сопротивления системы "индуктор-изделие"?

- 1 кпд нагрева
- 2 коэффициент мощности нагревателя
- 3 потреи в обмотке
- 4 треугольник сопротивлений

№6 (1)

Какого участка нет в электрической дуге?

- 1 вариативного
- 2 катодного
- 3 анодного
- 4 столба дуги

№7 (1)

Индукционный нагрев металлов в переменном магнитном поле осуществляется за счет:

- 1 токов смещения
- 2 токов проводимости
- 3 вихревых токов
- 4 комплексных токов

№8 (1)

Зависимость количества теплоты, выделяемого в проводнике, от электрического тока в проводнике:

- 1 квадратичная
- 2 обратная
- 3 прямая
- 4 не зависит

№9 (1)

Коэффициент униполярности:

- 1 отношение положительных ионов к единице объема
- 2 отношение отрицательных ионов к единице объема
- 3 отношения количества отрицательных ионов к количеству положительных в единичном объеме
- 4 отношения количества положительных ионов к количеству отрицательных в единичном объеме

№10 (1)

Превращение нейтральных молекул воздуха в молекулы, несущие электрический заряд:

- 1 электролиз
- 2 гидролиз
- 3 электроагрегация
- 4 аэроионизация

№11 (1)

С увеличением частоты тока, при индукционном нагреве, глубина закалки:

- 1 увеличивается
- 2 не изменяется
- 3 уменьшается
- 4 незначительно изменяется

№12 (1)

Совокупность окислительновосстановительных процессов, которые происходят на электродах, погруженных в электролит, при прохождении через него постоянного электрического тока:

- 1 электролиз
- 2 гидролиз
- 3 электроагрегация
- 4 электросмос

№13 (1)

Индукционный нагрев широко применяется для:

- 1 плавки металлов
- 2 сварки металла
- 3 пайки и наплавки
- 4 все ответы правильные

Темы рефератов

1. Физические явления и законы, используемые для преобразования электрической энергии в тепловую.
2. Уравнения переноса Фика, Фурье, Ома.
3. Количественные законы химии
4. Вычисления с помощью химических уравнений, выход реакции
5. Энталпия химических связей
6. Цикл Борна-Габера
7. Теория электролитов Бренстеда-Лоури
8. Преимущества парогазовых турбин
9. Вектор Умова-Пойтинга в трансформаторе и асинхронном двигателе
10. Условие отбора максимальной мощности от генератора
11. Достоинства и недостатки электрического утюга
12. Что может электролиз
13. Достоинства и недостатки ламп накаливания
14. Топливные элементы и их ФП с количественной оценкой КПД
15. Сравнение свинцового и щелочного аккумуляторов
16. Достоинства и недостатки фотогенераторов

- 17.Достоинства и недостатки термоэлементов
- 18.Солнечная станция башенного типа. Возможности для Краснодара
- 19.Оценить проект «10000 солнечных крыш» для Сочи
- 20.Электролиз для получения водорода
- 21.Водородная энергетика – энергетика будущего
- 22.Ядерные отходы и их переработка
- 23.Экология и энергетика совместимы
- 24.Металлы – объекты коррозии.
- 25.Основные закономерности процесса коррозии
- 26.Маховик – накопитель энергии
- 27.Вода – накопитель тепловой энергии
- 28.Теплый дом – результат применения аккумулятора тепла
- 29.Свинцовый аккумулятор для трамвайной линии (заряд ночью)
- 30.Емкостной накопитель энергии для жилого дома
- 31.Индуктивный накопитель энергии для города
- 32.Гидроаккумулирующая электростанция перспективна для Кубани
- 33.Международный проект по высокотемпературному синтезу

Контрольные работы (примеры)

Исходные данные:

Рассчитать электродный проточный водонагреватель с электродами, выполненными в виде пластин, изогнутых под углом 120° и подключенных к трем фазам питающей сети. Такая система электродов, при изоляции бака от сети, аналогична включению нагрузки по схеме треугольника. Напряжение питающей сети 380/220 В.

Емкость водонагревателя – 120 л.

Время нагрева – 1 ч.

Удельное сопротивление воды – 21 Омм.

Начальная температура воды, $t_1=5\text{ С.}$

Конечная температура воды, $t_2=85\text{ С.}$

1. На основании исходных данных определяется потребная средняя мощность водонагревателя, кВт:

$$P_{cp} = \frac{C\gamma Gv}{\eta T}$$

Где С- удельная теплоемкость воды, кДж/кгС;

γ – плотность воды, кг/ м³;

G – емкость водонагревателя, м³;

η – к.п.д. водонагревателя;

v – превышение температуры воды в конце нагрева над температурой в начале, С;

T – продолжительность нагрева воды, с.

$$P_{cp} = \frac{4,19 \cdot 1,2 \cdot 120 \cdot (85 - 5)}{0,95 \cdot 3600} = 14,11$$

Удельное сопротивление воды в течение процесса нагрева изменяется обратно пропорционально температуре и рассчитывается по формуле

$$\rho_t = \frac{40\rho_{20}}{20 + t}$$

Где t - заданная температура воды, С.

В зависимости от температуры воды, мощность водонагревателя изменяется обратно пропорционально сопротивлению воды.

- Для определения пределов измерения мощности водонагревателя в процессе нагрева надо вычислить мощность нагревателя в начале и конце нагрева:

$$P_h = P_{cp} \frac{1}{1+\alpha v_{cp}},$$

$$P_k = P_h(1 + \alpha v_k),$$

Где P_h, P_{cp}, P_k - соответственно начальная, средняя и конечная мощность водонагревателя, кВт;

α – температурный коэффициент проводимости воды:

$$\alpha_{cp} = \frac{1}{20 + t_h} = \frac{1}{20 + 5} = 0,04$$

$$v_{cp} = t_{cp} - t_h = 45 - 5 = 40$$

$$v_k = t_k - t_h = 85 - 5 = 80$$

Тогда $P_h=5,43$, $P_k=22,8$.

- Правильность определения P_h и P_k следует проверить по равенству

$$P_{cp} = \frac{P_k + P_h}{2} = \frac{22,8 + 5,43}{2} = 14,11.$$

- Расчет размеров электродов и выбор пускорегулирующей аппаратуры производим по максимальной мощности в конце нагрева.

Площадь электродов приходящихся на одну фазу будет равна:

$$S_\phi = \frac{I_{\phi k}}{j_{\text{доп}}} = \frac{60}{5700} = 0.0105 \text{ м}^2$$

Где $I_{\phi k}$ - сила тока в фазе в конце нагрева, А; $j_{\text{доп}}$ -допустимая плотность тока на электродах.

$$j_{\text{доп}} = \frac{16 \cdot 10^3}{\sqrt{\rho_k}} = \frac{16 \cdot 10^3}{\sqrt{8}} = 5.7 \text{ кА/м}^2$$

По найденному значению площади электродов определяем высоту и ширину электродов.

$$S = b \times h$$

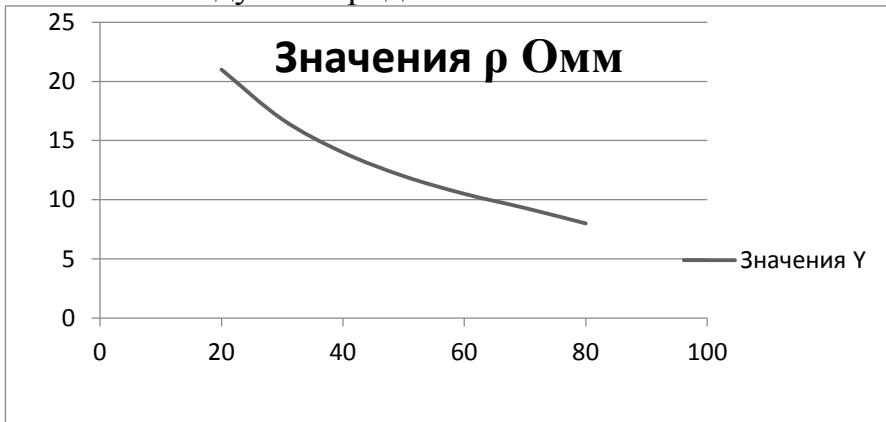
Тогда $b = 0.05$ м, $h = 0.1$ м

- Определим расстояние между электродами по фазному напряжению и фактической напряженности поля между электродами:

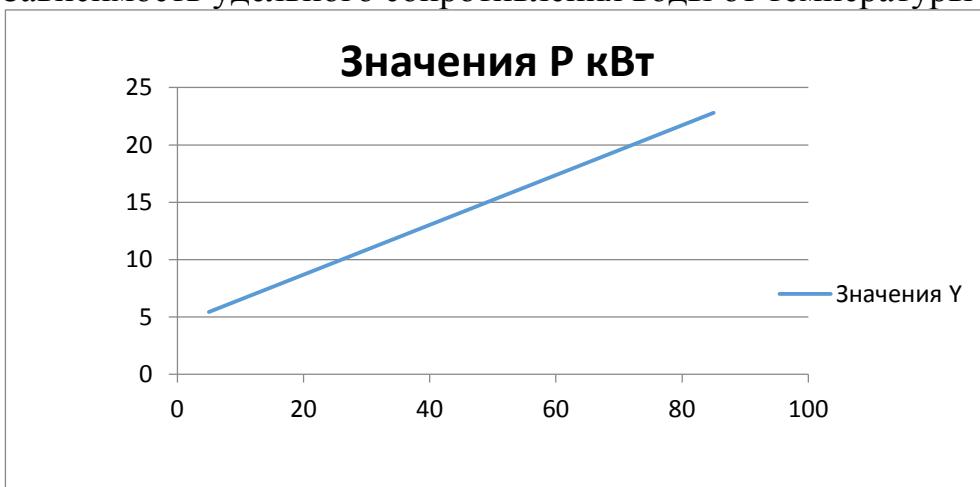
$$E_{\text{фак}} = j_{\text{доп}} \rho_k = 5.7 \cdot 10^3 \cdot 8 = 45.8 \cdot 10^3 \text{ В/м}$$

$$l = \frac{U_\phi}{E_{\text{фак}}} = \frac{380}{45800} = 0.0083 \approx 0.01 \text{ м}$$

6. Тогда $E_{\text{фак}} = \frac{U}{l} = \frac{380}{0.01} = 38 \text{ кВ/м}$ что меньше допустимой напряженности поля между электродами.



Зависимость удельного сопротивления воды от температуры



Зависимость мощности водонагревателя от темперы воды.

Задание для контрольной работы по дисциплине «электротехнология»

Исходные данные

Емкость водонагревателя - 120 л.

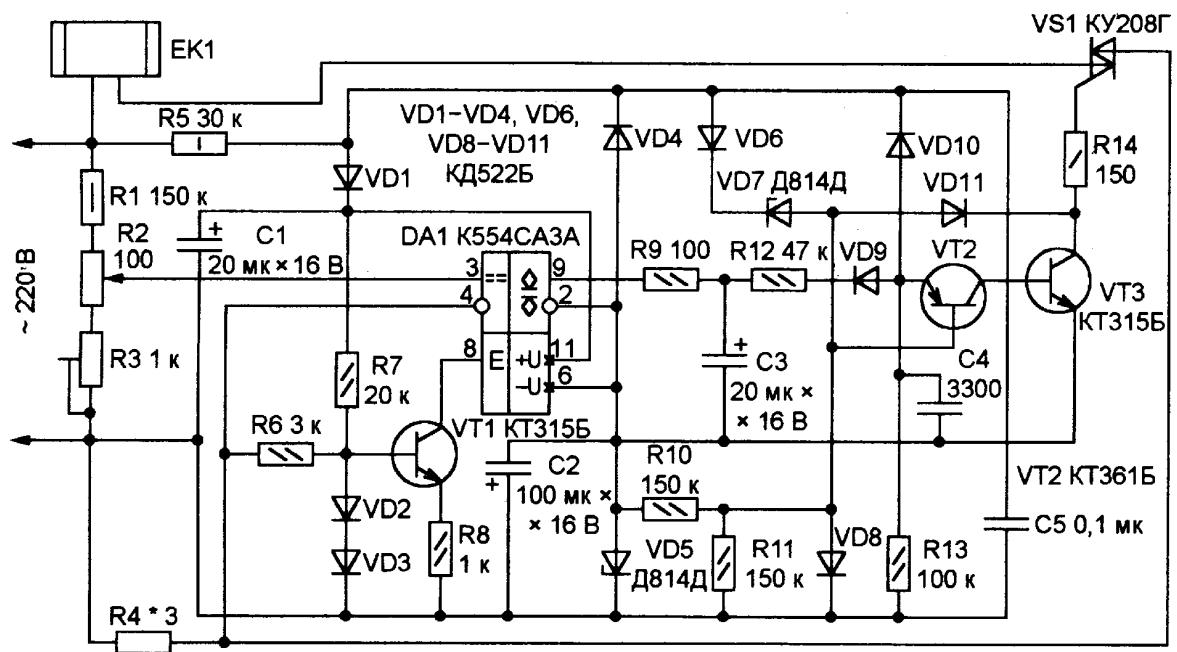
Время нагрева – 1 ч.

Удельное сопротивление воды при 20 С. – 21 Омм.

Начальная температура воды – 5С.

Конечная температура воды – 85 С.

Представим принципиальную электрическую схему стабилизации температуры и регулирования мощности электродного водонагревателя:



Принципиальная электрическая схема электродного водонагревателя с регулированием мощности и стабилизацией температуры

Описание работы схемы

При включении электродного водонагревателя в сеть однофазного переменного тока сетевое напряжение 220 В 50 Гц поступает на нагреватель и на схему управления одновременно. Схема работает следующим образом: измеритель сопротивления, собранный на транзисторе VT1 и микросхеме DA1 замеряет сопротивление электронагревателя EK1, которое зависит от температуры и сравнивает его с сопротивлением переменного резистора R2, которым регулируется мощность и предельная температура нагрева. Если на выходе микросхемы DA1 появится высокий логический уровень, то запускается ждущий мультивибратор на транзисторах VT2 и VT3, который своими прямоугольными импульсами через тиристор VS1 коммутирует нагревательный элемент до достижения заданной переменным резистором R2 температуры. Как только температура достигла заданного предела, на выходе микросхемы DA1 появится низкий логический уровень, блокирующий работу ждущего мультивибратора на транзисторах VT2 и VT3, а следовательно, тиристор VS1, не получая управляющих импульсов от ждущего мультивибратора, закрывается и отключает нагреватель EK1 от питающей сети. После остывания нагревателя весь описанный процесс повторяется.

Для промежуточного контроля (ПКС-3). Способен разработать технические задания на проектирование и изготовление нестандартных машин и оборудования для электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства)

Вопросы к зачету

- Общая теория нагрева проводников.

2. Закон Джоуля-Ленца. Нагрев сопротивлением.
3. Способы электрического нагрева. Схемы прямого и косвенного преобразования.
4. Индукционный нагрев.
5. Классификация ЭНУ по способу нагрева, принципу нагрева, роду и частоте тока, способу теплопередачи, рабочей температуре.
6. Способы преобразования электромагнитной волны.
7. Способы электрического нагрева.
8. Основы теории и расчета электронагревательных устройств.
9. Уравнение Максвелла, вектор Умова-Пойтинга.
10. Электронагревательные устройства. Определения. Классификация электронагревательных установок (НУ)
11. Конструктивный и проверочный расчеты ЭНУ. Понятие о полном расчете.
12. Тепловой расчет ЭНУ.
13. Основы кинетики нагрева.
14. Электрический расчет электронагревательных установок.
15. Расчет и выбор основных параметров электронагревательной установки.
16. Определение зависимостей мощности нагревательной установки электродного нагрева и удельной проводимости воды от температуры нагрева.
17. Классификация установок нагрева сопротивлением.
18. Общие принципы преобразования электрической энергии в тепловую. Схемы прямого и косвенного преобразования. Способы электрического нагрева.
19. Физические основы индукционного нагрева.
20. Электронагревательные устройства. Определения. Классификация электронагревательных установок.
21. Тепловой и электрический расчет.
22. Основы кинетики нагрева. Уравнение и его анализ.
23. Конструктивный и проверочный расчеты ЭНУ.
24. Расчеты мощности ЭНУ установок. Полезная, расчетная, потребляемая установленная номинальная мощность.
25. Температурные режимы и энергетические показатели основных процессов сельскохозяйственного производства.
26. Электроконтактный нагрев.
27. Электроконтактная сварка и наплавка.
28. Электрическое сопротивление проводников 1-го рода, Электроконтактный нагрев, нагрев деталей простой формы.
29. Электродный нагрев. Сущность и применение в сельскохозяйственном производстве.
30. Электрическое сопротивление проводников 2-го рода. Электропроводность воды.
31. Допустимые значения плотности тока и напряженности электрического поля при электродном нагреве.

32. Электродные системы (электродные нагреватели) и их параметры. Недостатки электродного нагрева.
33. Физические основы косвенного нагрева сопротивлением.
34. Электрические нагреватели сопротивления. Определение. Типы нагревателей, срок службы.
35. Энергетический расчет индукционного нагревателя.
36. Электрический и конструкционный расчет индуктора.
37. Выбор оптимальных параметров рабочего процесса, установки индукционного нагрева.
38. Расчет КПД индукционной установки.
39. Диэлектрический нагрев, расчет установки диэлектрического нагрева.
40. Расчет коэффициента мощности и компенсирующих конденсаторов в установках индукционного нагрева.
41. Ионный нагрев.
42. Требования к материалам используемым в электронагревательных устройствах сопротивлением.
43. Расчет электрокалориферной установки для подогрева приточного воздуха.
44. Электрический расчет трубчатого электронагревателя (ТЭН).
45. Лазерный нагрев.
46. Электронно-лучевой нагрев.
47. Полупроводниковый нагрев
48. Электродный термо-сифонный нагреватель.
49. Нагрев проводников 1-го и 2-го родов, поверхностный эффект.

7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков характеризующих этапы формирования компетенций

Контроль освоения дисциплины «Электротехнологии в сельском хозяйстве» проводится в соответствии с Пл КубГАУ 2.5.1 «Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация студентов». Текущий контроль по дисциплине позволяет оценить степень восприятия учебного материала и проводится для оценки результатов изучения разделов/тем дисциплины. Текущий контроль проводится как контроль тематический (по итогам изучения определенных тем дисциплины) и рубежный (контроль определенного раздела или нескольких разделов, перед тем, как приступить к изучению очередной части учебного материала).

Реферат. Критериями оценки реферата являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

Оценка «отлично» — выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность; сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта полностью,

выдержан объём; соблюдены требования к внешнему оформлению.

Оценка «хорошо» — основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.

Оценка «удовлетворительно» — имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.

Оценка «неудовлетворительно» — тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе.

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

Критерии оценки на тестировании. До тестирования допускаются студенты, которые не имеют задолженностей. На кафедре создана база данных с тестами. По типу, предлагаемые студентам тесты являются тестами с одним правильным ответом. Время, отводимое на написание теста, не должно быть меньше 30 минут для тестов, состоящих из 20 тестовых заданий и 60 мин. для тестов из 40 тестовых заданий написания теста.

Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 85 % тестовых заданий.

Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 70 % тестовых заданий.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 51 %.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий.

Критерии оценки контрольных работ

Зачтено: выполнены все задания контрольной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Не зачтено: студент не выполнил или выполнил неправильно задания контрольной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Учебно-методическое пособие для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электрооборудование и электротехнологии)» / Куб.ГАУ; Сост. Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_42670210_11131265.pdf

2. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электрооборудование и электротехнологии)» / Куб.ГАУ; Сост. Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа:

https://elibrary.ru/download/elibrary_42670226_10257851.pdf

3. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовых работ для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электрооборудование и электротехнологии)» Куб.ГАУ; Сост. Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа:

https://elibrary.ru/download/elibrary_42718138_35845010.pdf

Дополнительная учебная литература

1. Нормов Д.А. Электротехнология. Методические рекомендации для практических занятий для студентов вузов / Д.А.Нормов, Н.Н. Курзин, Е.А. Федоренко – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 36 с — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37832> — ЭБС «IPRbooks»

2. Нормов Д.А. Электротехнология. Лабораторный практикум для студентов вузов / Д.А.Нормов, Н.Н. Курзин, Е.А. Федоренко – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 78 с – Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/_2017_g-ilovepdf-compressed_1_.pdf . – Образовательный портал КубГАУ.

3. Нормов Д.А. Электротехнология в сельском хозяйстве. Лабораторный практикум для студентов вузов / Д.А.Нормов, Н.Н. Курзин, Е.А. Федоренко – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 76с.– Режим доступа: <https://edu.kubsau.ru/file.php/124/.PDF> – Образовательный портал КубГАУ.

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронно-библиотечных систем:

№	Наименование	Тематика	Ссылка
1	Znanium.com	Универсальная	https://znanium.com/
2	IPRbook	Универсальная	http://www.iprbookshop.ru/
3	Образовательный портал КубГАУ	Универсальная	https://edu.kubsau.ru/

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Учебно-методическое пособие для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электрооборудование и электротехнологии)» / КубГАУ; Сост. Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_42670210_11131265.pdf

2. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электрооборудование и электротехнологии)» / КубГАУ; Сост. Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа:

https://elibrary.ru/download/elibrary_42670226_10257851.pdf

3. Учебно-методическое пособие по выполнению курсовых работ для студентов направления 35.03.06 «Агроинженерия (электро-оборудование и электротехнологии)» КубГАУ; Сост. Н.Н. Курзин, Д.А. Нормов, Д.В. Лебедев/ Краснодар 2020/ Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_42718138_35845010.pdf

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют: обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети "Интернет"; фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы; организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентационных технологий; контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

11.1 Перечень лицензионного ПО

№	Наименование	Краткое описание
1	Microsoft Windows	Операционная система
2	Microsoft Office (включает Word, Excel, PowerPoint)	Пакет офисных приложений

11.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика	Электронный адрес
1	Гарант	Правовая	https://www.garant.ru/
2	Консультант	Правовая	https://www.consultant.ru/
3	Научная электронная	Универсальная	https://elibrary.ru/

11.3 Доступ к сети Интернет

Доступ к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

Планируемые помещения для проведения всех видов учебной деятельности

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	Электротехнологии в сельском хозяйстве	<p>Помещение №410 ЭЛ, посадочных мест — 147; площадь — 106,1кв.м; учебная аудитория для проведения учебных занятий. сплит-система — 2 шт.; специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран); программное обеспечение: Windows, Office.</p> <p>Помещение №1 ЭЛ, посадочных мест — 100; площадь — 127,5кв.м; учебная аудитория для проведения учебных занятий сплит-система — 1 шт.; специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран); программное обеспечение: Windows, Office.</p> <p>Помещение №002 ЭЛ, площадь — 29,6кв.м; лаборатория . лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 28 шт.; измеритель — 4 шт.; стенд лабораторный — 3 шт.; гомогенизатор — 1 шт.; калориметр — 6 шт.; осциллограф — 1 шт.; термостат — 1 шт.; дозиметр — 1 шт.);технические средства обучения(проектор — 1 шт.); специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель).</p> <p>Помещение №009 ЭЛ, площадь — 15,7кв.м; помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. технические средства обучения(принтер — 2 шт.).</p> <p>Помещение №205 ЭЛ, посадочных мест — 28; площадь — 87,3кв.м; помещение для самостоятельной работы обучающихся.</p>	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13

		<p>технические средства обучения (принтер — 1 шт.; экран — 1 шт.; сетевое оборудование — 1 шт.; компьютер персональный — 14 шт.); Доступ к сети «Интернет»; Доступ в электронную образовательную среду университета; программное обеспечение: Windows, Office COMPAS-3D специализированная мебель(учебная мебель).</p>	
--	--	--	--