



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

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра электропривода и электротехнологий

УТВЕРЖДАЮ:

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

Ю.В. Катаев

“21” января 2019 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.02.01 «Электропривод»

для подготовки бакалавров:  
(академический бакалавриат)

ФГОС ВО

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Направленность Электроснабжение

Курс – 5

Семестр – 9

Форма обучения: очно-заочная

Год начала подготовки: 2018 г.

Регистрационный номер \_\_\_\_\_

Москва, 2019

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

М.Е.Г.  
(подпись)

Селезнева Д.М., ст. преподаватель  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Д.М.  
(подпись)

«15» «сентября» 2019 г.

Рецензент: Стушкина Н.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Н.А.  
(подпись)

«15» «сентября» 2019 г.

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

Программа обсуждена на заседании кафедры электропривода и электротехнологий протокол № 4 «15» «сентября» 2019 г.

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

Н.Е.  
(подпись)

**Согласовано:**

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

Е.П.  
(подпись)

Протокол № 9 «21» «сентября» 2019 г.

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

Н.А.  
(подпись)

«15» «сентября» 2019 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

Л.Л.  
(подпись)

Л.Л. Иванова

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

«    »    2019 г.

## Содержание

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>8</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В СЕМЕСТРЕ .....	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.3 ЛЕКЦИИ, ЛАБОРАТОРНЫЕ, ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	11
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	15
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	<b>17</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>18</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	18
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	25
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>27</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	27
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	27
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	27
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	28
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>29</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ</b> .....	<b>29</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	<b>30</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>33</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	33
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	<b>34</b>

## Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 «Электропривод» для подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение (академический бакалавриат)

**Цель освоения дисциплины:** формирование у студентов знаний о современном электроприводе, его физических основах работы, по расчету механических характеристик, переходных процессов в электроприводах, режимах работы, о методах выбора электродвигателей с целью поддержания оптимальных режимов работы объектов профессиональной деятельности.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в вариативную часть дисциплин по выбору учебного плана по направлению 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность Электрооборудование и электротехнологии.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-2, ПК-1, ПК-6.

### **Краткое содержание дисциплины:**

История развития электропривода. Состояние, перспективы развития и особенности работы электропривода в сельскохозяйственном производстве. Назначение и структура электропривода.

Основные соотношения механики. Виды статической нагрузки и механические характеристики производственных механизмов и электродвигателей. Приведение моментов и сил сопротивления, моментов инерции и инерционных масс к валу двигателя. Совмещение механических характеристик электродвигателя и механизма, жесткость характеристик, статическая устойчивость электроприводов.

Уравнение движения электропривода. Режимы работы электродвигателя.

Область применения и основные соотношения для ДПТ. Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики ДПТНВ. Механические характеристики ДПТНВ в тормозных режимах работы. Пуск ДПТНВ.

Основные показатели регулирования скорости. Реостатный способ регулирования скорости. Регулирование скорости изменением магнитного потока. Регулирование скорости изменением подводимого к якорю напряжения

Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики ДПТПВ. Механические характеристики ДПТПВ в тормозных режимах работы. Пуск ДПТПВ.

Реостатный способ регулирования скорости. Регулирование скорости изменением магнитного потока. Регулирование скорости изменением подводимого к якорю напряжения.

Схемы замещения и основные соотношения для АД. Естественная и искусственные электромеханические и механические характеристики АД. Способы построения естественной электромеханической и механической характеристик.

Способы пуска АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Тормозные режимы работы АД.

Реостатное регулирование скорости АД. Регулирование скорости изменением питающего напряжения.

Частотное регулирование скорости АД. Законы регулирования. Регулирование скорости АД изменением числа пар полюсов

Механические переходные процессы в электроприводах (ЭП) с постоянным динамическим моментом. Переходные процессы в ЭП с динамическим моментом линейно зависящим от угловой скорости. Переходные процессы в ЭП с динамическим моментом нелинейно зависящим от угловой скорости.

Потери мощности и энергии в электродвигателях в установившихся и переходных режимах. Методы снижения потерь в электроприводах постоянного и переменного тока в переходных режимах.

Классы изоляции. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Нагрузочные диаграммы электродвигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей.

Выбор электродвигателей по мощности, работающих в продолжительном режиме (метод средних потерь, метод эквивалентного тока, момента и мощности). Выбор электродвигателей по мощности, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах.

Понятие о регулировании координат электропривода. Общие принципы построения систем управления электроприводами. Разомкнутые и замкнутые системы регулирования. Обратные связи по скорости, току, напряжению. Аппаратура управления электроприводами и защиты, её назначение, классификация, характеристики, выбор.

Типовые узлы схем автоматического управления двигателями постоянного тока. Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями. Регулирование скорости двигателей постоянного тока в системе «управляемый преобразователь – двигатель (УП-Д). нереверсивные схемы включения при однофазном и трехфазном питании. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Регулирование скорости асинхронного двигателя в системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД).

**Общая трудоемкость дисциплины:** 5 зачетных единиц (180 часа).

**Промежуточный контроль:** экзамен, курсовая работа.

## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Электропривод» является формирование у студентов знаний о современном электроприводе, его физических основах работы, по расчету механических характеристик, переходных процессов в электроприводах, режимах работы, о методах выбора электродвигателей с целью поддержания оптимальных режимов работы объектов профессиональной деятельности.

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

Дисциплина «Электропривод» включена в вариативную часть дисциплин по выбору.

Дисциплина «Электропривод» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение (академический бакалавриат).

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электропривод» являются курсы: математика (1 курс, 1-2 семестр; 2 курс, 3 семестр), физика (1 курс, 2 семестр; 2 курс, 2-3 семестры), информатика (1 курс, 1 семестр), теоретические основы электротехники (2 курс, 4 семестр; 3 курс, 5 семестр), компьютерное проектирование КОМПАС (2 курс, 3 семестр), компьютерное проектирование AUTOCAD (2 курс, 3 семестр), информационные технологии (2 курс, 4 семестр), монтаж электрооборудования и средств автоматизации (3 курс, 5 семестр), электроника (3 курс, 6 семестр), электрические машины (3 курс, 5-6 семестры), автоматика (3 курс, 6 семестр), светотехника (4 курс, 8 семестр), электроснабжение (4 курс, 7 семестр), электромеханические переходные процессы (4 курс, 8 семестр).

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

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Процесс преподавания дисциплины направлен на формирование у студентов следующих общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций, представленных в таблице 1.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	основные понятия и фундаментальные законы естественнонаучных дисциплин, использовать для решения прикладных задач соответствующий физико-математический аппарат	самостоятельно решать конкретные задачи из различных разделов естественнонаучных дисциплин, пользоваться современной научной и производственной аппаратурой для проведения научных исследований, логически и аргументировано защищать результаты своих исследований	навыками математического описания физических процессов и решения типовых задач в рамках профессиональной деятельности, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
2	ПК-1	способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	методы теории планирования эксперимента	ставить цели и задачи эксперимента, составлять план проведения экспериментальных исследований	навыками по составлению плана проведения экспериментальных исследований
3	ПК-6	способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	приводные характеристики, режимы работы электроприводов основных сельскохозяйственных машин	выявлять факторы, влияющие на энергетические характеристики работы электропривода	современными методами расчета и способами повышения энергоэффективности работы электропривода

## 4. Структура и содержание дисциплины

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ в семестре №9 представлено в таблице 2.

Таблица 2

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

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	в т.ч. семестре № 9
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>1. Контактная работа</b>	<b>52,4</b>	<b>52,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>52,4</b>	<b>52,4</b>
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	16	16
практические занятия (ПЗ)	12	12
лабораторные работы (ЛР)	20	20
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	2	2
консультации перед экзаменом	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>127,6</b>	<b>127,6</b>
Курсовая работа (КР) (подготовка)	36	36
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям)	58	58
Подготовка к экзамену (контроль)	33,6	33,6
Вид промежуточного контроля:	Экзамен, КР	

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

#### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
<b>Раздел 1</b> «Общие сведения об электроприводе. Механика и динамика электропривода»	<b>9</b>	<b>1</b>				<b>8</b>
<b>Раздел 2</b> «Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости»	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>10</b>
<b>Раздел 3</b> «Электромеханические свойства асинхронных двигателей. Регулирование скорости»	<b>45</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>30</b>
<b>Раздел 4</b> «Переходные процессы в	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>18</b>



Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудио рная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
электроприводах»						
<b>Раздел 5</b> «Нагрев и охлаждение электродвигателей. Выбор электродвигателя по мощности»	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>16</b>
<b>Раздел 6</b> «Принципы управления электроприводами, системы управления, обратные связи»	<b>21</b>	<b>1</b>		<b>8</b>		<b>12</b>
<i>консультации перед экзаменом</i>	<b>2</b>				<b>2</b>	
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	<b>2</b>				<b>2</b>	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	<b>0,4</b>				<b>0,4</b>	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	<b>33,6</b>					<b>33,6</b>
<b>Всего за 9 семестр</b>	180	16	12	20	4,4	127,6
<b>Итого по дисциплине</b>	180	16	12	20	4,4	127,6

**Раздел 1** «Общие сведения об электроприводе. Механика и динамика электропривода»

**Тема 1.** Понятие «Электропривод». Классификация электроприводов.

История развития электропривода. Состояние, перспективы развития и особенности работы электропривода в сельскохозяйственном производстве. Назначение и структура электропривода.

**Тема 2** Механика электропривода

Основные соотношения механики. Виды статической нагрузки и механические характеристики производственных механизмов и электродвигателей. Приведение моментов и сил сопротивления, моментов инерции и инерционных масс к валу двигателя. Совмещение механических характеристик электродвигателя и механизма, жесткость характеристик, статическая устойчивость электроприводов.

**Тема 3.** Динамика электропривода

Уравнение движения электропривода. Режимы работы электродвигателя.

**Раздел 2** «Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости»

**Тема 1.** Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ)

Область применения и основные соотношения для ДПТ. Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики ДПТНВ. Механические характеристики ДПТНВ в тормозных режимах работы. Пуск ДПТНВ.

**Тема 2.** Регулирование скорости ДПТНВ

Основные показатели регулирования скорости. Реостатный способ регулирования скорости. Регулирование скорости изменением магнитного потока. Регулирование скорости изменением подводимого к якору напряжения

**Тема 3.** Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ).

Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики ДПТПВ. Механические характеристики ДПТПВ в тормозных режимах работы. Пуск ДПТПВ.

#### **Тема 4.** Регулирование скорости ДПТПВ

Реостатный способ регулирования скорости. Регулирование скорости изменением магнитного потока. Регулирование скорости изменением подводимого к якорю напряжения.

**Раздел 3.** «Электромеханические свойства асинхронных двигателей. Регулирование скорости»

**Тема 1.** Электромеханические и механические характеристики асинхронных электродвигателей АД

Схемы замещения и основные соотношения для АД. Естественная и искусственные электромеханические и механические характеристики АД. Способы построения естественной электромеханической и механической характеристик.

#### **Тема 2.** Пуск и торможение АД

Способы пуска АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Тормозные режимы работы АД

#### **Тема 3.** Регулирование скорости АД

Реостатное регулирование скорости АД. Регулирование скорости изменением питающего напряжения.

#### **Тема 4.** Регулирование скорости АД

Частотное регулирование скорости АД. Законы регулирования. Регулирование скорости АД изменением числа пар полюсов

#### **Раздел 4** «Переходные процессы в электроприводах»

**Тема 1.** Причины возникновения переходных процессов. Виды переходных процессов в электроприводах

Механические переходные процессы в электроприводах (ЭП) с постоянным динамическим моментом. Переходные процессы в ЭП с динамическим моментом линейно зависящим от угловой скорости. Переходные процессы в ЭП с динамическим моментом нелинейно зависящим от угловой скорости.

**Раздел 5.** «Нагрев и охлаждение электродвигателей. Выбор электродвигателя по мощности»

#### **Тема 1.** Энергетика электропривода

Потери мощности и энергии в электродвигателях в установившихся и переходных режимах. Методы снижения потерь в электроприводах постоянного и переменного тока в переходных режимах.

#### **Тема 2.** Нагрев и охлаждение электродвигателей

Классы изоляции. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Нагрузочные диаграммы электродвигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей.

#### **Тема 3.** Выбор электродвигателей по мощности

Выбор электродвигателей по мощности, работающих в продолжительном режиме (метод средних потерь, метод эквивалентного тока, момента и мощности). Выбор электродвигателей по мощности, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах.

**Раздел 6 «Принципы управления электроприводами, системы управления, обратные связи»**

**Тема 1.** Принципы управления электроприводами. Аппаратура управления и защиты

Понятие о регулировании координат электропривода. Общие принципы построения систем управления электроприводами. Разомкнутые и замкнутые системы регулирования. Обратные связи по скорости, току, напряжению. Аппаратура управления электроприводами и защиты, её назначение, классификация, характеристики, выбор.

**Тема 2.** Разомкнутые и замкнутые системы управления электроприводами

Типовые узлы схем автоматического управления двигателями постоянного тока. Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями. Регулирование скорости двигателей постоянного тока в системе «управляемый преобразователь – двигатель (УП-Д). нереверсивные схемы включения при однофазном и трехфазном питании. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Регулирование скорости асинхронного двигателя в системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД).

### 4.3 Лекции, лабораторные работы, практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций, лабораторных работ, практических занятий и контрольных мероприятий

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1	<b>Раздел 1.</b> Общие сведения об электроприводе. Механика и динамика электропривода				<b>1</b>
	<b>Тема 1.</b> Понятие «Электропривод». Классификация электроприводов.	Лекция №1 Понятие «Электропривод». Классификация электроприводов. Общие сведения об электроприводе. Механика и динамика электропривода.	ОПК-2 ПК-6		1
2	<b>Раздел 2.</b> Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости				11

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 1. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ)	Лекция № 1, № 2 . Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ). Регулирование скорости ДПТНВ.	ОПК-2 ПК-6		2
		Лабораторная работа № 1. Исследование механических характеристик ДПТ независимого возбуждения	ОПК-2 ПК-1	Защита лабораторной работы	4
		Практическое занятие №1. Расчет и построение естественных и искусственных механических и электромеханических характеристик ДПТ независимого возбуждения	ОПК-2 ПК-6	Дискуссия, решение типовых задач, тестирование №1	2
	Тема 2. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ)	Лекция №2 Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ)	ОПК-2 ПК-6		1
		Лабораторное занятие №2. Исследование механических и электромеханических характеристик и методов регулирования координат ДПТ последовательного возбуждения	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Электромеханические свойства асинхронных двигателей. Регулирование скорости</b>				<b>15</b>

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов	
	<b>Тема 1.</b> Электромеханические и механические характеристики асинхронных электродвигателей АД	Лекция № 3. Электромеханические и механические характеристики асинхронных электродвигателей АД	ОПК-2 ПК-1 ПК-6		2	
		Лабораторная работа №3. Исследование механических характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя с фазным ротором	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2	
	<b>Тема 2.</b> Регулирование скорости АД	Лекция №4. Пуск и торможение АД	ОПК-2 ПК-1 ПК-6		1	
		Лекция №4, №5. Регулирование скорости АД	ОПК-2 ПК-1 ПК-6		2	
		Практическое занятие №2. Расчет и построение естественной электромеханической и механической характеристик АД	ОПК-2 ПК-6	Решение типовых задач	2	
		Практическое занятие №3. Расчет и построение механических характеристик АД в тормозных режимах работы. Расчет пускового реостата	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Решение типовых задач, тестирование №2	2	
		Лабораторная работа №4. Исследование механических характеристик двухскоростного асинхронного электродвигателя	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	4	
	<b>4</b>	<b>Раздел 4.</b> Переходные процессы в электроприводах				<b>4</b>

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	<b>Тема 1.</b> Причины возникновения переходных процессов. Виды переходных процессов в электроприводах	Лекция №5, №6 Переходные процессы в электроприводах	ОПК-2 ПК-1 ПК-6		2
		Практическое занятие №5. Определение продолжительности переходных процессов электропривода	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Решение типовых задач, тестирование №3	2
<b>5</b>	<b>Раздел 5 Нагрев и охлаждение электродвигателей. Выбор электродвигателя по мощности</b>				<b>6</b>
	<b>Тема 1</b> Энергетика электропривода	Лекция №6 Энергетика электропривода	ОПК-2 ПК-6		1
	<b>Тема 2.</b> Нагрев и охлаждение электродвигателей	Лекция №7 Нагрев и охлаждение электродвигателей	ОПК-2 ПК-1 ПК-6		1
	<b>Тема 3.</b> Выбор электродвигателей по мощности	Лекция №7, №8 Выбор электродвигателей по мощности	ОПК-2 ПК-6		2
		Практическое занятие №6 Выбор электродвигателей по мощности, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах	ОПК-2 ПК-6	Решение типовых задач, тестирование №4	2
<b>6</b>	<b>Раздел 6. Принципы управления электроприводами, системы управления, обратные связи</b>				<b>12</b>
	<b>Тема 1.</b> Принципы управления электроприводами. Аппаратура управления и защиты	Лекция №8 Принципы управления электроприводами, системы управления, обратные связи	ОПК-2 ПК-1 ПК-6		1
		Лабораторная работа №5. Типовые схемы управления асинхронными электро-	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		двигателями			
		Лабораторная работа №6. Управление торможением асинхронного электродвигателя при помощи реле контроля скорости	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа №7. Управление асинхронным электродвигателем в функции пути с помощью конечных выключателей	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа №8. Управление асинхронным электродвигателем в функции времени	ОПК-2 ПК-1 ПК-6	Защита лабораторной работы	2

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Общие сведения об электроприводе. Механика и динамика электропривода</b>		
1.	Тема 1. Понятие «Электрический привод». Классификация электроприводов	История развития электропривода как отрасли науки и техники. Классификация электроприводов по различным признакам. (ПК-6)
2.	Тема 2. Механика электропривода	Основные соотношения механики. Виды статистической нагрузки и механические характеристики производственных механизмов и электродвигателей. Приведение моментов и сил сопротивления, моментов инерции и инерционных масс к валу двигателя. Совмещение механических характеристик электродвигателя и механизма, жесткость характеристик, статическая устойчивость электроприводов. (ОПК-2, ПК-6)
3.	Тема 3. Динамика электропривода	Уравнение движения электропривода. Режимы работы электродвигателя. (ОПК-2, ПК-6)

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 2. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости.</b>		
4.	Тема 3. Механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ)	Способы пуска ДПТПВ. Расчет пускового реостата. Особенности тормозных режимов.(ОПК-2, ПК-6)
<b>Раздел 3. Электромеханические свойства асинхронных двигателей. Регулирование скорости</b>		
5.	Тема 1 Механические характеристики асинхронных электродвигателей АД	Расчет и построение естественной и искусственных механических характеристик АД. (ОПК-2, ПК-6)
6.	Тема 2 Пуск и торможение АД	Способы пуска АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Тормозные режимы работы АД. (ОПК-2, ПК-1, ПК-6)
7.	Темы 3 Регулирование скорости АД	Регулирование скорости изменением питающего напряжения. Частотное регулирование скорости АД. Законы регулирования (ОПК-2, ПК-6)
<b>Раздел 4. Переходные процессы в электроприводах</b>		
8.	Тема 1. Причины возникновения переходных процессов. Виды переходных процессов в электроприводах	Переходные процессы в ЭП с динамическим моментом линейно зависящим от угловой скорости. Переходные процессы в ЭП с АД динамическим моментом нелинейно зависящим от угловой скорости.(ОПК-2, ПК-6)
<b>Раздел 5. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Выбор электродвигателя по мощности</b>		
9.	Тема 1. Энергетика электропривода	Потери мощности и энергии в электродвигателях в установившихся и переходных режимах (ОПК-2, ПК-6)
10.	Тема 2. Нагрев и охлаждение электродвигателей	Нагрев и охлаждение электродвигателей. Нагрузочные диаграммы электродвигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей ОПК-4, ОПК-2, ПК-6)
11.	Тема 3. Выбор электродвигателей по мощности.	Выбор электродвигателей по мощности, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах (ОПК-2, ПК-6)
<b>Раздел 6. Принципы управления электроприводами, системы управления, обратные связи</b>		



№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
12.	<b>Тема1.</b> Принципы управления электроприводами. Аппаратура управления и защиты	Методика выбора аппаратуры защиты и управления. Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Регулирование скорости асинхронного двигателя в системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД). Расчет механических характеристик асинхронного двигателя в системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД) (ОПК-2, ПК-6)
13.	<b>Тема 2.</b> Разомкнутые и замкнутые системы управления электроприводами	Типовые узлы схем автоматического управления двигателями постоянного тока. Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями. Регулирование скорости двигателей постоянного тока в системе «управляемый преобразователь – двигатель (УП-Д). нереверсивные схемы включения при однофазном и трехфазном питании. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД). Регулирование скорости асинхронного двигателя в системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД) (ОПК-2, ПК-6)

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Электропривод» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.

Для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и активные и интерактивные технологии (технология контекстного обучения).

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форма обучения)
1	Понятие «Электропривод». Классификация электроприводов. Общие сведения об электроприводе. Механика и динамика электропривода.	Информационно-коммуникативная технология (мультимедиа-лекция)
2	Электромеханические и механические характеристики асинхронных электродвигателей АД	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
3	Выбор электродвигателей	Мультимедиа-лекция

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форма обучения)	
	по мощности, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах		
4	Расчет и построение естественных и искусственных механических и электромеханических характеристик ДПТ независимого возбуждения	ПЗ	Технология контекстного обучения
5	Расчет и построение естественной электромеханической и механической характеристик АД	ПЗ	Технология контекстного обучения
6	Определение продолжительности переходных процессов электропривода	ПЗ	Технология контекстного обучения
7	Выбор электродвигателей по мощности, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах	ПЗ	Технология контекстного обучения

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

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

В течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает устные ответы студентов на вопросы на практических занятиях, выполнения тестов, проведение дискуссий, решения типовых задач, защита лабораторных работ.

**Промежуточный контроль знаний:** экзамен, защита курсовой работы.

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

1) При изучении дисциплины «Электропривод» предусмотрено выполнение курсовой работы. Примерная тема курсовой работы: «Выбор электропривода подъемного механизма».

Задачей курсовой работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы, а также освоение методов расчета и выбора электроприводов сельскохозяйственных машин.

Для выполнения курсовой работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе и с целью оценки степени усвоения ответить на контрольные вопросы.

Курсовая работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носит расчетный характер и оформляется работа в текстовом редакторе Word.

Задание курсовой работы состоит из 4 частей.

### Часть 1

1.1. Для главного привода подъемного механизма, выполненного по кинематической схеме, приведенной на рис.1, в соответствии с индивидуальным заданием выбрать асинхронный электродвигатель (АД) с фазным ротором, тип и марку редуктора. Режим работы электропривода – повторно-кратковременный (S3).

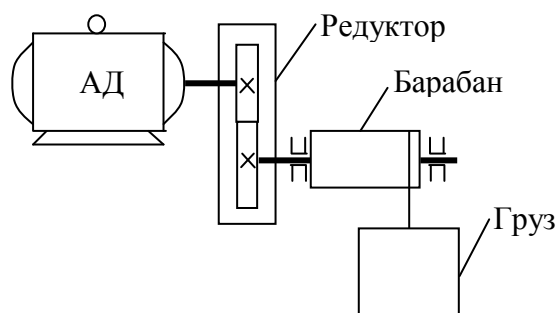


Рис.1

1.2. Рассчитать сопротивления ступеней пускового реостата и определить пусковой ток в роторе электродвигателя и в сети.

1.3. Разработать схему автоматического управления пуском электродвигателя в функции параметра (тока, времени, скорости), указанного в задании.

Количество ступеней пускового реостата должно соответствовать расчету (см. П.1.2). Выбрать необходимую аппаратуру защиты и управления.

1.4. Для главного привода подъемного механизма определить сопротивления, которые требуется ввести в цепь ротора, чтобы груз двигался на подъем и на спуск со скоростью, равной 0,5 заданного значения. Построить искусственные механические характеристики и определить токи в роторе и в сети при указанных режимах работы.

### Часть 2

2.1. Для привода подъемного механизма выбрать асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором с повышенным скольжением. Режим работы электропривода - S3. Построить естественную механическую характеристику и характеристики при напряжениях 0,5; 0,7 и 0,9 номинального значения.

2.2. Для привода подъемного механизма выбрать асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором основного исполнения. Режим работы электропривода - S3.

2.3. Определить время пуска электродвигателя, выбранного в п.2.2, и построить зависимости  $\omega = \varphi(t)$  и  $M_{\text{об}} = \psi(t)$ .

2.4. Для электродвигателя, выбранного в п.2.2, определить допустимое число включений в час.

### Часть 3

3.1. Для привода подъемного механизма выбрать асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором с повышенным пусковым моментом, считая, что режим работы электропривода – кратковременный (**S2**) и время работы составляет 15 мин.

3.2. Определить превышение температуры двигателя в конце указанного времени работы.

#### Часть 4

4.1. Рассчитать параметры схемы замещения по каталожным данным асинхронного электродвигателя, выбранного в п.2.2.

4.2. Построить механические характеристики двигателя при частотном регулировании скорости по закону  $\frac{U}{f} = Const$  для частот 10, 25, 50 и 100 Гц.

При выполнении курсовой работы необходимо иметь в виду следующее:

1. Весом троса можно пренебречь.

2. Электродвигатели основного исполнения для привода подъемного механизма выбирать с синхронной частотой вращения: для четных вариантов  $n_0 = 1500 \text{ об / мин}$ , для нечетных –  $n_0 = 3000 \text{ об / мин}$ .

3. Отношение  $\alpha = \frac{R_1}{R'_2}$  принять равным единице.

4. Время цикла в повторно-кратковременном режиме принять равным согласно ГОСТ 183-74 стандартному – 10 минут.

5. Момент сопротивления при спуске и подъеме считать неизменным.

6. Снижение напряжения при пуске принять равным 7,5%.

7. Постоянную времени нагрева  $T_n$  принять равной  $C/2A$ .

Вариант курсовой работы выдает преподаватель. Исходные данные для своего, варианта, которыми являются: скорость груза  $V$ , масса груза  $m$ , диаметр барабана  $d$ , момент инерции барабана  $J_b$ , КПД передачи  $\eta_n$ , продолжительность включения **ПВ** и тип схемы, приведены в приложении 1 методических указаний.

По результатам защиты курсовой работы выставляется оценка: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 7

#### Критерии оценки курсовой работы

Оценка	Критерии оценки
«отлично»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены точно и верно. Студент сформулированы собственные аргументированные выводы по теме курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки отсутствуют. Оформление курсовой работы соответствует предъявляемым требованиям. При написании и защите курсовой работы сту-

	дентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент отвечает на вопросы.
«хорошо»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с неточностями. Имеются замечания к оформлению курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован средний уровень развития профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент владеет материалом, но отвечает не на все поставленные вопросы.
«удовлетворительно»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с ошибками. Студентом не сделаны собственные выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы; слабое владение специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки. При защите курсовой работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы.
«неудовлетворительно»	курсовая работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса; допустил грубые ошибки в расчетах, таблицах, графиках и схемах. Студентом не сделаны выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы. На защите курсовой работы студент показал поверхностные знания по теме, не правильно отвечал на вопросы.

2) Пример тестового задания для текущего контроля знаний обучающихся:

Тестовые задания по разделу 2. «Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости»

**Тема 1.** Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ)

Практическое занятие №1. Расчет и построение естественных и искусственных механических и электромеханических характеристик ДПТ независимого возбуждения

1.1.3. Выражение  $M_{вал} = M_{эм} - M_{пот}$  справедливо для:

1. двигательного режима;
2. режима динамического торможения;
3. режима торможения противовключением;
4. генераторного режима.

3) Пример темы дискуссии для текущего контроля знаний обучающихся:

По разделу 2 «Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока. Регулирование скорости»

**Тема 1.** Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ)

Практическое занятие №1. Расчет и построение естественных и искусственных механических и электромеханических характеристик ДПТ независимого возбуждения

Тема дискуссии «Общие сведения об электроприводе. Механика и динамика электропривода»

#### Вопросы к дискуссии

1. Ваше понимание понятия «Электропривод».
2. В чем заключаются основные функции электропривода?
3. Назовите основные законы, обусловившие появление электропривода.
4. По каким признакам классифицируется электропривод?
5. Роль электропривода в сельскохозяйственном производстве.
6. Различные типы электроприводов, используемые в сельском хозяйстве.
7. Основные тенденции развития электропривода.
8. Электропривод переменного или постоянного тока?
9. Назначение и основные механические узлы электропривода.
10. Механические характеристики производственных механизмов.
11. Механические характеристики электродвигателей.
12. Основные законы механики, используемые при изучении электропривода.
13. Уравнение движения электропривода, его роль при изучении электропривода.
14. В чем заключаются отличия активного и реактивного моментов сопротивления?
15. Основные законы, используемые при приведении моментов сопротивления и инерции.

4) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:  
По разделу 2 «Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости»

Теме 1. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ)

Практическое занятие №1. Расчет и построение естественных и искусственных механических и электромеханических характеристик ДПТ независимого возбуждения

Задача 1. Чему равно номинальное сопротивление ДПТ независимого возбуждения и сопротивление якоря (П32  $P_n = 4,5$  кВт,  $I_n = 24,3$  А,  $U_n = 220$  В)?

Ответ: 9 Ом, 0,72 Ом.

5) Пример контрольных вопросов для защиты лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся.

По разделу 2. «Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости»

Теме 1. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ)

*Лабораторная работа № 1 «Исследование механических характеристик электродвигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения»*

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1) Дайте определение электромеханической характеристики электродвигателя.

2) Дайте определение естественной и искусственной механических характеристик электродвигателей.

3) Напишите основные соотношения между параметрами ДПТ независимого возбуждения, которые необходимы для вывода уравнений электромеханической и механической характеристик. Сделайте анализ полученных уравнений.

4) Назовите основные режимы работы ДПТ независимого возбуждения

5) В каких квадрантах координатной плоскости  $\omega, M$  изображаются механические характеристики ДПТ независимого возбуждения, соответствующие основным режимам работы? Изобразите их.

6) Какие причины и как влияют на модуль жесткости механических характеристик ДПТ независимого возбуждения?

7) Начертите механические характеристики ДПТ независимого возбуждения при уменьшении магнитного потока, величины приложенного к якорю напряжения.

б) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Понятие «Электропривод».

2. Классификация электроприводов.

3. Естественная механическая характеристика ДПТ независимого возбуждения.

4. Искусственные механические характеристики ДПТ независимого возбуждения.

5. Естественная механическая характеристика ДПТ последовательного возбуждения.

6. Искусственные механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения.

7. Пуск ДПТ, расчет пускового реостата.

8. Генераторное торможение ДПТ независимого возбуждения.

9. Динамическое торможение ДПТ независимого возбуждения.

10. Торможение противовключением ДПТ независимого возбуждения.

11. Торможение противовключением ДПТ последовательного возбуждения.

12. Динамическое торможение ДПТ последовательного возбуждения.

13. Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя (АД).

14. Способы построения естественной механической характеристики АД.

15. Искусственные механические характеристики асинхронного электродвигателя (АД).
16. Пуск АД.
17. Генераторное торможение АД.
18. Торможение противовключением АД.
19. Динамическое торможение АД с независимым возбуждением.
20. Динамическое торможение АД с самовозбуждением.
21. Регулирование скорости ДПТ независимого возбуждения изменением напряжения, приложенного к якорю.
22. Регулирование скорости ДПТ последовательного возбуждения изменением напряжения, приложенного к якорю.
23. Реостатное регулирование скорости ДПТ независимого возбуждения.
24. Реостатное регулирование скорости ДПТ последовательного возбуждения.
25. Регулирование скорости ДПТ независимого возбуждения изменением потока возбуждения.
26. Регулирование скорости ДПТ последовательного возбуждения изменением потока возбуждения.
27. Регулирование скорости АД изменением подводимого напряжения.
28. Реостатное регулирование скорости АД.
29. Регулирование скорости АД изменением числа пар полюсов.
30. Частотное регулирование скорости АД.
31. Приведение моментов сопротивления и инерции к валу двигателя.
32. Уравнение движения электропривода и его анализ.
33. Виды переходных процессов в электроприводах. Причины их возникновения.
34. Электромеханическая постоянная времени. Способы ее определения.
35. Механические переходные процессы в электроприводе при постоянном динамическом моменте.
36. Механические переходные процессы в электроприводе с динамическим моментом, линейно зависящим от скорости.
37. Переходные процессы в электроприводе при произвольной зависимости динамического момента от скорости.
38. Потери мощности в установившихся режимах работы электропривода.
39. Нагрев электродвигателя. Вывод уравнения нагрева.
40. Постоянная времени нагрева, способы ее определения.
41. Нагрузочные диаграммы рабочих машин и электродвигателя.
42. Номинальные режимы работы электродвигателей.
43. Выбор электродвигателя по мощности при продолжительном режиме работы с постоянной нагрузкой.
44. Выбор электродвигателя по мощности при продолжительном режиме работы с переменной нагрузкой методом эквивалентных величин.
45. Выбор электродвигателя по мощности, предназначенного для продолжительного режима, при работе в кратковременном режиме.
46. Выбор электродвигателя по мощности, предназначенного для кратковременного режима, при работе в данном режиме.



47. Выбор электродвигателя по мощности, предназначенного для продолжительного режима, при работе в повторно-кратковременном режиме (упрощенный метод).

48. Выбор электродвигателя по мощности, предназначенного для повторно-кратковременного режима, при работе в данном режиме.

49. Общие принципы построения систем управления электроприводами (ЭП).

50. Разомкнутые и замкнутые системы управления ЭП. Схемы замкнутых систем управления электроприводом.

51. Обратные связи в системах управления ЭП (по скорости, току, напряжению и т.д.).

52. Электрические аппараты ручного управления (кнопки и ключи управления, контроллеры и т.д.), их назначение и характеристики.

53. Электрические аппараты дистанционного управления (контакторы, магнитные пускатели, электромагнитные реле, тиристорные пускатели и т.д.), их назначение и характеристики.

54. Аппараты защиты (автоматические выключатели, тепловые реле, предохранители т.д.).

55. Принципы автоматического управления пуском ЭД. Их сравнительный анализ.

56. Нереверсивная и реверсивная схемы управления АД.

57. Автоматическое управление торможением противовключением АД в функции скорости (схема с использованием РКС).

58. Управление АД в функции пути.

59. Нереверсивные и реверсивные силовые схемы включения ДПТ.

60. Регулирование скорости ДПТ независимого возбуждения в системе УП-Д.

61. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от однофазной сети переменного тока.

62. Нереверсивный электропривод постоянного тока в системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Нулевая схема.

63. Нереверсивный электропривод постоянного тока по системе УП-Д при питании от трехфазной сети переменного тока. Мостовая схема.

64. Регулирование скорости асинхронного электродвигателя в системе ТПН-АД (тиристорный преобразователь напряжения –асинхронный двигатель). Разомкнутая и замкнутая системы.

65. Регулирование скорости АД в системе ПЧПП – АД (преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока – асинхронный двигатель).

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

Для допуска к экзамену по дисциплине «Электропривод» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций и практических занятий, выполнение и защиту курсовой работы, выполнение и защиту лабораторных работ.

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

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 8

### Критерии оценки результатов обучения

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

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

### **7.1 Основная литература**

1. Герасенков, А.А. Электропривод: устройства защиты и управления. [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин, А.В. Сергованцев. – М.: МГАУ, 2011. – 124 с.

2. Епифанов, А.П. Электропривод [Электронный ресурс] : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гущинский. – СПб.: Лань, 2012. - 400 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=86014](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=86014)

3. Кабдин, Н.Е. Электрический привод [Текст]: учебник / Н.Е. Кабдин. – М.: ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 224 с.

4. Фролов, Ю.М. Электрический привод: краткий курс [Текст]: учебник для академического бакалавриата / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. – М.: Юрайт, 2019.– 253 с.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Герасенков, А.А. Автоматизированный электропривод. Основные понятия, терминология и условные обозначения [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин. – М.: МГАУ, 2009. – 107 с.

2. Герасенков, А.А. Автоматизированный электропривод: устройства микропроцессорного управления, регулирования, плавного пуска и защиты [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин. – М.: МГАУ, 2009. – 67 с.

3. Герасенков, А.А. Электрические схемы в курсовом и дипломном проектировании [Текст] / А. А. Герасенков, И.Ф. Бородин, В.М. Богоявленский. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2006. – 70 с.

4. Епифанов, А.П. Электрический привод [Текст]: учебник для вузов / А.П.Епифанов. – СПб.: «Лань», 2010. – 224 с.

5. Кабдин, Н.Е. Основы электропривода [Текст]: учебное пособие / Н.Е. Кабдин. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 218 с.

6. Онищенко, Г.Б. Электрический привод [Текст]: учебник для вузов / Г. Б.Онищенко.– М.: РАСХН, 2003. – 320 с.

7. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода [Текст]: учебник для вузов / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.

8. Шичков, Л.П. Электрический привод [Текст]: учебник для вузов / Л.П. Шичков. – М.: «КолосС», 2006. –279 с.

### **7.3 Нормативные правовые акты**

1. ГОСТ Р 50369-92. Электроприводы. Термины и определения. - Государственный стандарт России.

2. ГОСТ 27471–81. Машины электрические вращающиеся. Термины и определения.

3. ГОСТ 12139–94. Машины электрические вращающиеся. Ряды номинальных мощностей и частот.
4. ГОСТ Р МЭК 60204.1–99. Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Ч. 1. Общие требования.
5. ГОСТ Р 51689–2000. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно.
6. ГОСТ 14254–96 (МЭК 529-89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP).
7. ГОСТ 26772–85. Машины электрические вращающиеся. Обозначения выводов и направления вращения.
8. ГОСТ 2.710–81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
9. ГОСТ 2.755–87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
10. ГОСТ 2.709–89 ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических системах.
11. ГОСТ 2.759–82. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники.
12. ГОСТ 28173–89. Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и рабочие характеристики.
13. Правила устройства электроустановок. 7 издание дополненное с исправлениями. – М.: Госэнергонадзор, 2009.

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

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электропривод» являются лекции, лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции и практические занятия проводятся в группе, лабораторные работы в подгруппах.

На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний. По курсу предусмотрено выполнение курсовой работы.

1. Герасенков, А.А. Электропривод: Преобразователи частоты Sinamics G110 для управления электроприводами сельскохозяйственных машин. Методические указания к выполнению дипломных и курсовых проектов [Текст]: / А.А. Герасенков, Д.Н. Зайцев, Н.Е. Кабдин. – М.: МГАУ, 2013. – 47 с.

2. Герасенков, А.А. Электропривод: Методические указания к лабораторным работам [Текст]: / А.А. Герасенков, Н.Е. Кабдин. – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – 82 с.

3. Кабдин, Н.Е. Электропривод. Методические указания к лабораторным работам [Текст]: / Н.Е. Кабдин, Д.Н. Зайцев. – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – 46 с.

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

В учебном процессе рекомендуется использовать следующее программное обеспечение: Microsoft Office, MatCad, AutoCad, а также интернет-ресурсы:

1. <http://electro.hotmail.ru/> (Интернет-коллоквиум по электротехнике) (открытый доступ);
2. [http://window.edu.ru/window/library?p\\_rid=40524](http://window.edu.ru/window/library?p_rid=40524) (Электрические машины: лекции и примеры решения задач) (открытый доступ);
3. [http://window.edu.ru/window/library?p\\_rid=40470](http://window.edu.ru/window/library?p_rid=40470) (Электротехника и электроника: учебное пособие) (открытый доступ) ;
4. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ);
5. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ).
6. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт российской государственной библиотеки) (открытый доступ).
7. <http://www.cnsb.ru/elbib.shtm> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ).

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1 «Общие сведения об электроприводе»	Microsoft Word	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2010
		Microsoft Excel		Microsoft	2010
		AutoCad		Autodesc	2009
2.	Раздел 2 «Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Регулирование скорости»	Microsoft Word	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2010
		Microsoft Excel		Microsoft	2010
		AutoCad		Autodesc	2009
3.	Раздел 3	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010

	«Электромеханические свойства асинхронных двигателей. Регулирование скорости»	Microsoft Excel AutoCad Power Point	Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Autodesc Microsoft	2010 2009 2010
4.	Раздел 4 «Переходные процессы в электроприводах»	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft Autodesc Microsoft	2010 2010 2009 2010
5.	Раздел 5 «Нагрев и охлаждение электродвигателей. Выбор электродвигателя по мощности»	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft Autodesc Microsoft	2010 2010 2009 2010
6.	Раздел 6 «Принципы управления электроприводами, системы управления, обратные связи»	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft Autodesc Microsoft	2010 2010 2009 2010

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

Таблица 10

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Корпус № 24, аудитория № 206	Компьютерный класс тип 1.: компьютеров – 7 шт., проектор Acer H 6517ST – 1 шт., интерактивная доска – 1 шт. (инв. № 210124558132028)

Лаборатория электропривода и электрооборудования

1)Лабораторный стенд «Исследование механических характеристик ДПТ независимого возбуждения» (инв. №64532)

- асинхронный электродвигатель
- двигатель постоянного тока независимого возбуждения
- машина постоянного тока независимого возбуждения (2 шт.)
- потенциал-регулятор
- автоматический выключатель (3 шт.)
- вольтметр
- амперметр (3 шт.)
- выключатель
- провода

2)Лабораторный стенд «Исследование механических и электромеханических характеристик и методов регулирования координат ДПТ последовательного возбуждения» (инв. №64533)

- асинхронный электродвигатель
- двигатель постоянного тока последовательного возбуждения
- машина постоянного тока независимого возбуждения (2 шт.)
- потенциал-регулятор
- автоматический выключатель (3 шт.)
- вольтметр
- амперметр
- выключатель
- провода

3)Лабораторный стенд «Исследование механических характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя с фазным ротором» (инв. №64534)

- асинхронный электродвигатель (2 шт.)
- машина постоянного тока независимого возбуждения (2 шт.)
- потенциал-регулятор
- автоматический выключатель (4 шт.)
- трансформатор
- тахогенератор
- регулируемый резистор
- вольтметр
- амперметр (3 шт.)
- выключатель

4)Лабораторный стенд «Исследование механических характеристик двухскоростного асинхронного электродвигателя» (инв. №64568)

- асинхронный электродвигатель

	<p>-машина постоянного тока независимого возбуждения  -потенциал-регулятор  -автоматический выключатель (2 шт.)  -тахогенератор  -вольтметр  -амперметр(3 шт.)  -провода</p> <p>5)Лабораторный стенд «Типовые схемы управления асинхронными электродвигателями» (инв. №64529)  -асинхронный электродвигатель (2 шт.)  -автоматический выключатель  -магнитный пускатель (3 шт.)  - кнопочная станция (3 шт.)  -провода</p> <p>6)Лабораторный стенд «Управление торможением асинхронного электродвигателя при помощи реле контроля скорости» (инв. №64530)  -асинхронный электродвигатель  -индукционное реле контроля скорости  -автоматический выключатель  -магнитный пускатель (2 шт.)  - кнопочная станция (1 шт.)  -провода</p> <p>7)Лабораторный стенд «Управление асинхронным электродвигателем в функции пути с помощью конечных выключателей» (инв. №64531)  -асинхронный электродвигатель  -автоматический выключатель  -магнитный пускатель (2 шт.)  -реле времени  -конечные выключатели  - кнопочная станция  -провода</p> <p>8)Проектор “Beng» W 1070 – 1 шт. Инв. № 410138000002632  9)Проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240 x 240 NW (DSEM – 1106) – 1 шт., инв. № 410138000002638</p>
<p>Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет - доступом</p>	
<p>Общежитие № 4, №5 и № 11 Комнаты для самоподготовки</p>	



## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Учебный курс «Электропривод» является одним из основных для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение. В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при разработке электроприводов. Полученные знания необходимы студенту для работы по выбранному направлению.

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

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на **лекциях**. С этой целью необходимо перед следующей лекцией проработать материал предыдущей лекции. В случае возникновения вопросов необходимо обратиться к учебной литературе, а при невозможности самостоятельно решить возникшие проблемы подготовить вопросы и обратиться с ними к преподавателю. Используя информационные технологии организовать электронное хранилище информации по своей специальности и заносить туда собранную информацию и выполненные работы.

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

3. К выполнению **лабораторной работы** необходимо дома изучить по учебникам теоретический материал, а также по методическим указаниям подготовить протокол для проведения экспериментальных исследований. На лабораторных занятиях необходимо обдуманно выполнять задания, произвести расчеты, построить характеристики, начертить схемы и проанализировать полученные результаты. Защищать лабораторную работу по возможности следует в день её выполнения или ближайшее время.

4. **Самостоятельная работа** студентов предполагает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение курсовой работы.

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

6. Регулярно посещать тематические выставки.

### Виды и формы отработки пропущенных занятий

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

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

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

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

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

На *лекциях* излагается теоретический материал: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия и определения. Рассматриваются вопросы механики электропривода, механические характеристики рабочих машин и механизмов, электродвигателей, классификация электроприводов. Излагаются электромеханические свойства электродвигателей постоянного и переменного тока, переходные процессы в электроприводе, нагрев и охлаждение электродвигателей, номинальные режимы работы электроприводов, выбор электродвигателей для основных режимов работы. Рассматриваются принципы автоматического управления электроприводами, аппаратура защиты и управления электроприводами, контактно-релейные схемы управления, регулирование скорости электропривода в системах: «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД), «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» (ПЧ-АД) и др.

Чтение лекций целесообразно сопровождать демонстрацией презентаций, видеоклипов и т.п. Для этого в лекционной аудитории рекомендуется иметь проекционное оборудование, интерактивную доску и т.п.

*Лабораторные работы* проводятся в лаборатории по основам электропривода и лаборатории автоматического управления электроприводами.

При этом на лабораторных работах целесообразно использовать электронные образовательные ресурсы (инженерные калькуляторы, рекомендованные компьютерные программы, тестовые задания, программы для расчета механических характеристик электродвигателей, продолжительности переходных процессов и др.).

*Практические занятия* проводятся в виде решения задач по расчёту и построению механических характеристик электродвигателей, расчету продолжительности переходных процессов, выбору электродвигателей по мощности для различных режимов работы, разработке схем управления, выбору аппаратуры защиты и управления и др.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – учебные групповые дискуссии, совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ, междисциплинарное обучение – подготовка студенческих докладов, разбор конкретных ситуаций. Например, при проведении практических занятий первый час каждого занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. После этого следует выдавать индивидуальные задания. Второй час каждого занятия проводится в

интерактивной форме. Для этого предложить студентам решить индивидуальные задания.

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

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

Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов. Под руководством преподавателя студенты должны самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям.

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

**Программу разработали:**

Кабдин Николай Егорович, к.т.н., доцент\_\_\_\_\_

Селезнева Дарья Михайловна, старший преподаватель\_\_\_\_\_