

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор института заочного образования

канд. пед. наук, доцент

« 20 »

С.Е. Спесивцева

2021 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент

« 20 »

А.В. Белоусов

2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

направление подготовки:

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки:

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная


**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**  
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород 2021

Программа дисциплины составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом № 144 Министерства образования и науки Российской Федерации 28 февраля 2018 г.

▪ учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  (О. Ю. Приходько)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  (А.В. Белоусов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  (А.В. Белоусов)

« 15 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
профессиональная	ПК-3. Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов	ПК-3.2. Анализирует режимы работы электродвигателей с использованием знания механики электропривода, методов расчета и выбора основных элементов электропривода	<p><b>Знания</b> назначения и видов современных электрических приводов, режимов их работы, математического описание элементов, схемы включения, основных параметров, характеристик и свойств</p> <p><b>Умения</b> использовать методы расчета и выбора основных элементов электрических приводов; анализировать полученные результаты на основании выполненных математических вычислений.</p> <p><b>Навыки</b> сборки электрических схем управления электродвигателями и проводить на лабораторных стендах экспериментальные исследования режимов работы электрических приводов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ПК-3. Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электроснабжение
2	Основы электропривода
3	Переходные процессы в электроэнергетических системах
4	Энергетическая силовая электроника
5	Электробезопасность
6	Электрические станции и подстанции
7	Электроэнергетические системы и сети

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки

Форма промежуточной аттестации экзамен (7 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
лекции	4	4
лабораторные	2	2
практические	4	4
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>132</b>	<b>132</b>
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	114	114
Экзамен	<b>36</b>	<b>36</b>

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

##### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.					
1	Основные понятия и определения. Структурная схема автоматизированного электропривода. Элементы электропривода: силовая, управляющая и электромеханическая части. Классификация электроприводов. Регулирование координат и принципы управления электроприводами.				2
2. Механика электропривода					
1	Величины, характеризующие движение рабочей машины при поступательном и вращательном движениях. Моменты инерции вращающихся тел. К.П.Д. механических передач. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.				4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
2	Уравнение движения электропривода и режимы работы. Приводные характеристики машин и механизмов. Механические характеристики электродвигателей. Совместная работа двигателя и производственного механизма. Условия выполнимости установившегося режима работы электропривода.				4
3	Неустановившееся движение электропривода при постоянном динамическом моменте. Неустановившееся движение электропривода при линейной зависимости моментов двигателя и исполнительного органа от скорости. Неустановившееся движение электропривода при произвольной зависимости динамического момента от скорости.				4
<b>3. Электроприводы с двигателями постоянного тока.</b>					
1	Основные параметры двигателя постоянного тока. Механические и электромеханические характеристики ДПТ параллельного, независимого и последовательного возбуждения. Энергетические режимы работы ДПТ независимого возбуждения.	1	1		20
2	Регулирование скорости тока и момента ДПТ параллельного, независимого и последовательного возбуждения с помощью резисторов в цепи якоря; изменением магнитного потока; изменением напряжения, подводимого к якорю. Работа электропривода по системе “генератор-двигатель”, “управляемый выпрямитель - двигатель”, “широтно-импульсный преобразователь - двигатель”.	1	1		20
3	Виды тормозных режимов двигателя постоянного тока. Генераторное торможение: переход в рекуперативный режим торможения за счет ускорения исполнительного механизма; с отдачей энергии в сеть в результате снижения напряжения. Динамическое торможение: при замыкании обмотки якоря на тормозные сопротивления. Торможение противовключением.				4
<b>4. Электроприводы с двигателями переменного тока</b>					
1	Асинхронный двигатель (АД). Схема включения, электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей. Определение параметров схемы замещения АД. Переходный процесс электромагнитного момента при пуске АД с короткозамкнутым ротором прямым включением в сеть и динамическая механическая характеристика АД.	1	1		20
2	Регулирование координат АД с помощью: включения добавочных резисторов в цепь статора; включения добавочных резисторов в цепь ротора; изменением напряжения; изменением числа пар полюсов; изменением частоты пи-	1	1	2	26

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	тающего напряжения.				
3	Асинхронный привод с фазовым регулированием угловой скорости, схема силовых цепей нереверсивного и реверсивного тиристорного регулятора напряжения. Системы частотного регулирования угловой скорости АД с короткозамкнутым ротором. Тормозные режимы работы электропривода с АД.				4
<b>5. Энергетика электропривода</b>					
1	Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы электропривода. Потери энергии в переходных процессах работы электропривода. Способы уменьшения потерь энергии в электроприводе. Расчет КПД электрического привода, способы повышения КПД. Коэффициент мощности электрического привода, Изменение cosφ в функции мощности и от величины загрузки электродвигателя. Основные способы энеогосбережения в электроприводах.				2
<b>6. Выбор электродвигателя по мощности</b>					
1	Общие положения по выбору электродвигателя, порядок выбора электродвигателя. Нагрузочная диаграмма и тахограмма рабочей машины.				2
2	Нагрев и охлаждение двигателей. Классификация режимов работы. Проверка двигателей: для продолжительного режима работы; в кратковременном режиме работы; для повторно-кратковременного режима работы.				2
<b>ИТОГО:</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>114</b>

#### **4.2. Содержание практических (семинарских) занятий**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Расчет и построение естественных механических и электромеханических характеристик ДПТ НВ и ДПТ ПВ.	1	5
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик ДПТ, схем управления в функции времени, скорости и тока при пуске и торможении.	1	5
2	Электропривод с двигателями переменного тока	Определение параметров схемы замещения АД по справочным данным, по каталожным данным.	1	5
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик при различных способах пуска и тор-	1	5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
		можения асинхронных двигателей.		
ВСЕГО:			4	20

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Электропривод с двигателями переменного тока.	Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением	2	6
ВСЕГО:			2	6

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания.

Расчетно-графическое задание выполняется по темам «Параметры и характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением», «Принципы автоматического управления пуском и торможением двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ)», «Параметры и характеристики трехфазного асинхронного двигателя», «Принципы автоматического управления пуском и торможением асинхронного двигателя (АД)» с индивидуальными заданиями для каждого студента.

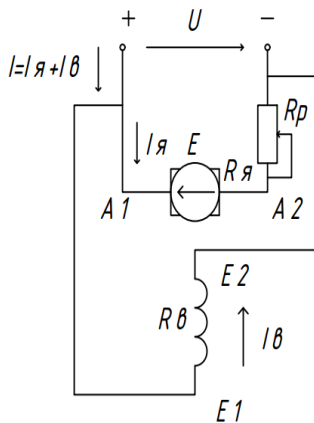
Целью расчетно-графического задания (РГЗ) является закрепление и систематизация теоретических знаний по дисциплинам “Основы электропривода”, “Электрические машины и электропривод”, и получение практических навыков самостоятельной работы с использованием учебной и справочно-технической литературы.

РГЗ оформляется на 10–15 страницах машинописного текста, включающей графический материал. на листах формата А4 и включает:

- титульный лист;
- задание;
- основные теоретические положения, расчётные формулы, расчёты, необходимые рисунки и характеристики;
- список используемой литературы.

## Пример расчетно – графического задания

### Задание 1. Параметры и характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением



На рис.1 изображена электрическая схема включения двигателя постоянного тока (ДПТ) с параллельным возбуждением. Варианты паспортных данных этих двигателей приведены табл.1, где  $P_{2ном}$ ,  $U_{ном}$ ,  $\eta_{ном}$ ,  $n_{ном}$  – соответственно, номинальные мощность, напряжение, КПД и частота вращения;  $R_я$  – сопротивление цепи якоря;  $R_в$  – сопротивление обмотки возбуждения.

Рис.1.1. Электрическая схема включения ДПТ с параллельным возбуждением

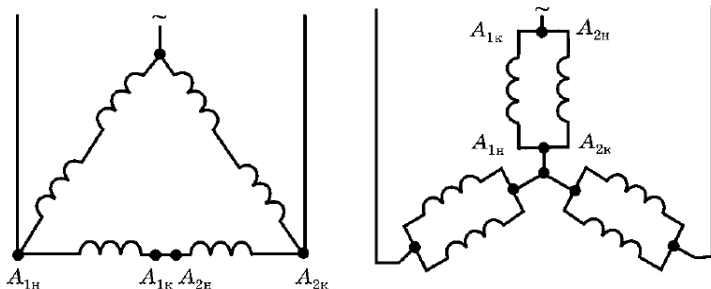
Для заданного варианта данных необходимо выполнить:

1. Для номинального режима работы определить ток  $I_{ном}$ , потребляемый двигателем из сети; ток возбуждения  $I_{в.ном}$ ; суммарные потери мощности в двигателе  $\Delta P_{ном}$ ; электромагнитную мощность  $P_{эм.ном}$ ; электродвигательную силу (ЭДС)  $E_{ном}$ .
2. Определить частоту вращения якоря  $n_0$  в режиме идеального холостого хода.
3. Построить естественную механическую характеристику  $n(M)$ , где  $n$ ,  $M$  – частота вращения и вращающий момент якоря.
4. Аналитически или графически, используя построенную в п.3 характеристику  $n(M)$ , определить частоту вращения якоря при вращающем моменте  $M = 0,6 M_{ном}$ .
5. Построить искусственную механическую характеристику  $n(M)$  при номинальном напряжении  $U_{ном}$ , если в цепь якоря ввести регулировочный реостат с сопротивлением  $R_p = 2,5R_я$  (рис.1).
6. Определить сопротивление  $R_p$  регулировочного реостата, который нужно включить в цепь якоря (рис. 2) для ограничения пускового тока якоря до  $I_{я.пуск} = 2,4I_{я.ном}$ , если двигатель включается при пуске на номинальное напряжение  $U_{ном}$ .
7. Найти величину напряжения питания при пуске  $U_{пуск}$ , до которой его надо снизить при включении двигателя, чтобы пусковой ток якоря  $I_{я.пуск}$  не превысил бы  $I_{я.пуск} = 2,3I_{я.ном}$  без включения дополнительных сопротивлений.

### Задание 2. Составить схему пуска и торможения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.

Для успешного выполнения этой части задания необходимо: изучить соответствующие разделы учебников и методических рекомендаций; разобрать типовые примеры, приведенные в учебниках и методическом пособии по теме РГЗ. Конкретный вариант задания каждый студент индивидуально получает у преподавателя.

### Задание 3. Параметры и характеристики трехфазного асинхронного двигателя



а) треугольник

б) двойная звезда

Рис.1.2. Схемы включения обмоток АД

Электрическая схема трехфазного асинхронного двигателя изображена на рис.4. Варианты



данных этих двигателей приведены в табл.3. Номинальное напряжение этих двигателей 220/380 В ( фазное/линейное) при частоте  $f=50$  Гц. В табл.3:  $P_{2ном}$  – номинальная мощность;  $p$ -число пар полюсов, созданных обмоткой статора;  $S_{ном}$  – номинальное скольжение;  $\lambda_M = M_{max}/M_{ном}$  – перегрузочная способность по вращающему моменту ( $M_{max}$ ,  $M_{ном}$  – его максимальное и номинальное значения);  $\lambda_I = I_{пуск}/I_{ном}$  – кратность пускового тока ( $I_{пуск}$ ,  $I_{ном}$  - пусковое и номинальное значения тока, потребляемого из сети);  $\cos\phi_{1ном}$  – номинальный коэффициент мощности. Также задана схема соединения обмоток статора (Y - звезда, рис.4,а,  $\Delta$  - треугольник, рис.6,б). В соответствии с этими данными нужно выполнить:

1. Выбрать линейное напряжение питающей трехфазной сети  $U_c$ .
2. Определить синхронную частоту вращения поля статора  $n_1$ , номинальную  $n_{2ном}$  и критическую  $n_{2кр}$  частоту вращения ротора.
3. Определить мощность  $P_{1ном}$ , которую двигатель потребляет из сети, и суммарные потери мощности в двигателе  $\Delta P_{ном}$  в номинальном режиме; номинальный  $I_{ном}$  и пусковой  $I_{пуск}$  токи двигателя, его номинальный  $M_{ном}$  и максимальный  $M_{max}$  вращающие моменты.
4. Рассчитать и построить график зависимости  $M(S)$ , где  $M$  – вращающий момент,  $S$  – скольжение ротора. По этой зависимости определить пусковой вращающий момент двигателя  $M_{пуск}$  и кратность этого момента  $k_{пуск} = M_{пуск}/M_{ном}$ .
5. Рассчитать и построить в одной координатной системе три механические характеристики – зависимости  $n_2(M)$ , где  $n_2$  - частота вращения ротора:
  - а) естественную механическую характеристику при заданном напряжении сети  $U_c$  (как в п.3), а также определить по ней диапазон частот вращения ротора, при которых возможна устойчивая работа двигателя;
  - б) искусственную механическую характеристику при снижении напряжения питающей сети на 15%, то есть при  $U = 0,85U_c$ ;
  - в) искусственную механическую характеристику при условии, что суммарное активное сопротивление в каждой фазе обмотки ротора стало в 2,2 раза большим, чем у двигателя, для которого рассчитаны предыдущие характеристики, то есть  $R'_2 = 2,2R_2$  (это возможно, если бы данный двигатель был двигателем с фазным ротором (рис.5), и тогда бы в фазы обмотки ротора можно было бы включить регулировочные реостаты с сопротивлениями  $R_p = 1,2R_2$ ); при этом индуктивное сопротивление фаз обмотки ротора  $X_{20}$  не меняется; напряжение сети считать равным  $U_c$ .

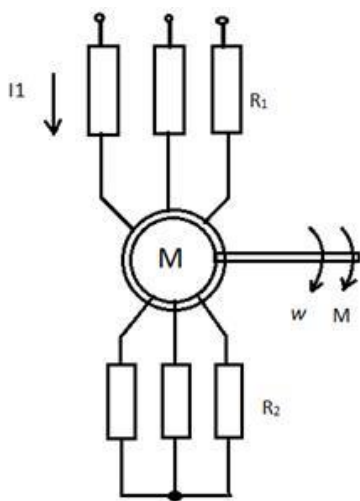


Рис. 1.3 Асинхронный двигатель с фазным ротором

#### Задание 4. Составить схему пуска и торможения асинхронного двигателя.

Для успешного выполнения этой части задания необходимо: изучить соответствующие разделы учебников и методических рекомендаций; разобрать типовые примеры, приведенные в учебниках и методическом пособии по теме РГЗ. Конкретный вариант задания каждый студент индивидуально получает у преподавателя.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1 Компетенция ПК-3.** Способен анализировать режимы работы систем электропитания объектов

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.2. Анализирует режимы работы электродвигателей с использованием знания механики электропривода, методов расчета и выбора основных элементов электропривода	Экзамен, защита РГЗ, защита лабораторных работ, собеседование

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

**Промежуточная аттестация** осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце **шестого семестра** в форме экзамена.

#### Вопросы для подготовки к экзамену

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (решение задачи). Для подготовки письменного ответа на вопросы билета и решение задачи, которые студент выбирает случайным образом, отводится 50 минут. После проверки ответов преподаватель проводит со студентом собеседование с целью определения уровня освоения студентом изученного материала и может задать дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Перечень тем и вопросов для подготовки к теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	1. Электропривод (ЭП), общие понятия и определения. 2. Структурная схема автоматизированного ЭП. Электрическая и механическая части ЭП. Энергетическая эффективность ЭП. 3. Классификация ЭП. 4. Регулирование координат ЭП. Схема с общим усилителем и схема с подчиненным регулированием координат. 5. Принципы построения разомкнутых и замкнутых систем управления ЭП. 6. Неустойчивое движение электропривода при посто-

		<p>янном динамическом моменте.</p> <p>7. Неустановившееся движение электропривода при линейной зависимости моментов двигателя и исполнительного органа от скорости.</p> <p>8. Неустановившееся движение электропривода при произвольной зависимости динамического момента от скорости</p>
2	Механика электропривода.	<p>1. Величины, характеризующие движение рабочей машины. Работа (энергия), мощность, динамический момент, момент инерции.</p> <p>2. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.</p> <p>3. Уравнение движения электропривода.</p> <p>4. Режимы работы ЭП.</p> <p>5. Механические характеристики производственных механизмов.</p> <p>6. Механические характеристики электродвигателей. Жесткость механической характеристики ЭП.</p> <p>7. Механические характеристики электродвигателей. Естественная и искусственная механические характеристики.</p> <p>8. Условия выполнимости установившегося режима ЭП.</p>
3	Электроприводы с двигателями постоянного тока	<p>1. Схемы включения ДПТ и их естественные механические характеристики.</p> <p>2. Основные соотношения для ДПТ. Уравнения механической и электромеханической характеристики ДПТ.</p> <p>3. Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ независимого возбуждения.</p> <p>4. Регулирование скорости, тока и момента с помощью резисторов в цепи якоря.</p> <p>5. Пуск ДПТ НВ в одну и две ступени реостатным способом.</p> <p>6. Пуск и реверс ДПТ НВ реостатным способом.</p> <p>7. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением магнитного потока.</p> <p>8. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением подводимого к якорю напряжения.</p> <p>8. Электропривод по системе “генератор - двигатель”.</p> <p>9. Электропривод по системе “управляемый выпрямитель - двигатель”.</p> <p>10. Электропривод по системе “широтно-импульсный преобразователь - двигатель”.</p> <p>11. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Генераторное торможение.</p> <p>12. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Динамическое торможение.</p> <p>Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Торможение противовключением.</p>
4	Электропривод с двигателями переменного тока	<p>1. Т-образная схема замещения, основные уравнения асинхронного двигателя</p> <p>2. Механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя.</p> <p>3. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя.</p> <p>4. Расчет и построение естественной механической и электромеханической статических характеристик АД</p> <p>5. Регулирование координат АД с помощью резисторов.</p>

		<p>Включение добавочных резисторов в цепь статора и ротора.</p> <p>6. Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения АД. Принцип работы тиристорного регулятора напряжения (ТРН).</p> <p>7. Системы частотного регулирования угловой скорости короткозамкнутого АД. Законы регулирования скорости в системах ПЧ-АД</p> <p>8. Регулирование оборотов вращения асинхронного двигателя изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорных обмоток многоскоростного АД с КЗ ротором – с “треугольника” на “двойную звезду”. Механические характеристики.</p> <p>9. Регулирование оборотов вращения АД изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорных обмоток многоскоростного АД с КЗ ротором со “звезды” на “двойную звезду”. Механические характеристики.</p> <p>10. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Генераторное торможение. Способы перехода АД в генераторный режим работы.</p> <p>11. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Торможение противовключением.</p> <p>Тормозные режимы работы ЭП с АД. Динамическое торможение с независимым возбуждением.</p>
5	Энергетика электропривода	<p>1. Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы ЭП.</p> <p>2. Потери энергии в переходных процессах работы ЭП.</p> <p>3. Способы уменьшения потерь энергии в ЭП.</p> <p>4. Расчет КПД электрического привода.</p> <p>5. Коэффициент мощности электрического привода.</p> <p>6. Энергосбережение в ЭП.</p>
6	Выбор электродвигателя по мощности	<p>1. Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор электродвигателя.</p> <p>2. Уравнение теплового баланса. Кривые нагрева и охлаждения двигателя.</p> <p>3. Продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы двигателя.</p>

## Перечень типовых задач для практической части экзамена

### Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры:  $P_n = 2,5 \text{ кВт}$ ;  $U_n = 220 \text{ В}$ ;  $I_n = 14 \text{ А}$ ;  $n_n = 1300 \text{ об/мин}$ ;  $\eta_n = 75\%$ . Рассчитать  $R_d$  при котором  $I_{доп} = 2I_n$ .

### Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры:  $P_n = 4,8 \text{ кВт}$ ;  $U_n = 220 \text{ В}$ ;  $I_n = 24,2 \text{ А}$ ;  $n_n = 1500 \text{ об/мин}$ ;  $R_{я} = 0,38 \text{ Ом}$ . Рассчитать  $R_d$ , включение которого ограничит ток при пуске и торможении противовключением до уровня  $I_{доп} = 3I_n$ .

### Задача

Каким должно быть  $R_d$  ДПТ НВ по сравнению с  $R_{я}$  для того, чтобы перепад скорости при заданном токе увеличился в 3 раза.

### Задача

$M=50$  Нм;  $M_c=100$  Нм;  $J=0,1$  кг м<sup>2</sup>;  $\omega_{\text{нач}}=100$  рад/с. Рассчитать и построить  $\omega(t)$  ДПТ НВ и определить  $t_{\text{сп}}$ , за которое скорость снизится в 2 раза.

### Задача

$\omega_{\text{нач}}=100$  рад/с;  $M_{кз}=100$  Нм;  $M_c=50$  Нм;  $J=0,1$  кг м<sup>2</sup> Для ДПТ НВ рассчитать и построить  $\omega(t)$  и  $M(t)$ .

### Задача

$\omega_{\text{нач}}=200$  рад/с;  $M_c=0$  Нм;  $J=0,1$  кг м<sup>2</sup> Для ДПТ НВ рассчитать и построить  $\omega(t)$  и  $M(t)$ .

### Задача

ДПТ НВ работал в установившемся режиме в т.А, преодолевая  $M_{c1}=150$  Нм, в момент времени  $t_1 = 1,2$  с произошло скачкообразное изменение нагрузки до  $M_{c2}=250$  Нм. Рассчитать и построить  $\omega(t)$  и  $M(t)$ .

### Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры:  $P_H = 300$  кВт;  $U_H = 440$  В;  $I_H = 750$  А;  $n_H=1250$  об/мин;  $\eta_H = 75\%$ . Рассчитать и построить  $\omega(M)$  и  $\omega(I)$ .

### Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры:  $P_H = 300$  кВт;  $U_H = 440$  В;  $I_H = 750$  А;  $n_H=1250$  об/мин;  $\eta_H = 75\%$ ;  $R_d = 10$  Ом. Рассчитать и построить  $\omega(M)$  и  $\omega(I)$  при пуске и динамическом торможении.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 15$  кВт;  $n_H=1465$  об/мин;  $I_{1H} = 29,3$  А;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,3$ ;  $\lambda_I=I_{1H}/I_{\text{НОМ}}=7$ ;  $p=2$ ;  $U_{1H}=380$  В;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 1,5$  кВт;  $s_H=0,072$ ;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,2$ ;  $p=1$ ;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 2,2$  кВт;  $s_H=0,069$ ;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,2$ ;  $p=1$ ;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 3$  кВт;  $s_H=0,067$ ;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,2$ ;  $p=1$ ;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 4$  кВт;  $s_H=0,065$ ;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,2$ ;  $p=1$ ;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 5,5$  кВт;  $s_H=0,064$ ;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,2$ ;  $p=1$ ;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 11$  кВт;  $s_H=0,05$ ;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,4$ ;  $p=1$ ;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_H = 0,09$  кВт;  $s_H=0,086$ ;  $\lambda_M=M_K/M_{\text{НОМ}}=2,2$ ;  $p=2$ ;  $f_{1H}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

### Задача

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_n = 5,5\text{кВт}$ ;  $s_n=0,049$ ;  $\lambda_m=M_k/M_{ном}=2,5$ ;  $p=3$ ;  $f_{1н}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

#### **Задача**

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_n = 7,5\text{кВт}$ ;  $s_n=0,048$ ;  $\lambda_m=M_k/M_{ном}=2,5$ ;  $p=3$ ;  $f_{1н}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

#### **Задача**

АД с КР имеет следующие параметры:  $P_n = 0,18\text{кВт}$ ;  $s_n=0,1$ ;  $\lambda_m=M_k/M_{ном}=2,2$ ;  $p=3$ ;  $f_{1н}=50$  Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику

### **Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы “Не предусмотрено учебным планом”**

#### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

**Текущий контроль** осуществляется в течение 7 семестра - в форме защиты лабораторных работ и выполнения и защиты расчетно-графического задания.

#### **Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ**

##### **Вопросы к заданию №1**

1. Как вычисляются ток  $I_{ном}$ , потребляемый двигателем из сети; ток возбуждения  $I_{в.ном}$ ; суммарные потери мощности в двигателе  $\Delta P_{ном}$ ; электромагнитную мощность  $P_{эмном}$ ; электродвигательную силу (ЭДС)  $E_{ном}$  ?
2. Как вычисляется частота вращения якоря  $n_0$  в режиме идеального холостого хода.?
3. Как определить частоту вращения якоря при вращающем моменте  $M = 0,6 M_{ном}$  ?
4. Как определить сопротивление  $R_p$  регулировочного реостата, который нужно включить в цепь якоря (рис. 2) для ограничения пускового тока якоря до  $I_{я пуск}=2,4I_{я ном}$ , если двигатель включается при пуске на номинальное напряжение  $U_{ном}$ ?
5. Как найти величину напряжения питания при пуске  $U_{пуск}$ , до которой его надо снизить при включении двигателя, чтобы пусковой ток якоря  $I_{я пуск}$  не превысил бы  $I_{япуск}=2,3I_{яном}$  без включения дополнительных сопротивлений?

##### **Вопросы к заданию №2**

1. Каковы особенности пуска ДПТ НВ в (1 или 2 ступени) в функции времени?
2. Каковы особенности пуска ДПТ НВ в (1 или 2 ступени) в функции ЭДС?
3. Каковы особенности пуска ДПТ НВ в (1 или 2 ступени) в функции тока?
4. Каковы особенности динамического торможения ДПТ НВ?
5. Каковы особенности торможения противовключением ДПТ НВ?

##### **Вопросы к заданию №3**

1. Как определить синхронную частоту вращения поля статора  $n_1$ , номинальную  $n_{2ном}$  и критическую  $n_{2кр}$  частоту вращения ротора?
3. Как определить мощность  $P_{1ном}$ , которую двигатель потребляет из сети, и суммарные потери мощности в двигателе  $\Delta P_{ном}$  в номинальном режиме; номинальный  $I_{ном}$  и пусковой  $I_{пуск}$  токи двигателя, его номинальный  $M_{ном}$  и максимальный  $M_{max}$  вращающие моменты.
4. Какой формулой можно воспользоваться для того, чтобы рассчитать и построить график зависимости  $M(S)$ ?
5. В чем отличие рассчитанных и построенных в одной координатной системе трех механических характеристик?

##### **Вопросы к заданию №4**

1. Каковы особенности пуска АД с ФР в (1 или 2 ступени) в функции времени?

2. Каковы особенности пуска АД с ФР в (1 или 2 ступени) в функции ЭДС?
3. Каковы особенности пуска АД с ФР в (1 или 2 ступени) в функции тока?
4. Каковы особенности динамического торможения АД с ФР?
5. Каковы особенности торможения противовключением АД с ФР?

### Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем состоят недостатки прямого пуска асинхронного двигателя?</li> <li>2. Как рассчитать по паспортным данным пусковой ток и пусковой момент асинхронного двигателя?</li> <li>3. Напряжение сети 380 В. Номинальное напряжение асинхронного двигателя <math>U_{ном} = 380/220В</math>. Можно ли применить при пуске двигателя переключение обмоток статора со звезды на треугольник?</li> <li>4. Начертите схемы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при включении в цепь статора пусковых резисторов, пусковых катушек и автотрансформатора. В чем достоинства и недостатки рассматриваемых способов пуска?</li> <li>5. Какими основными характеристиками оцениваются пусковые свойства двигателей?</li> <li>6. Когда применяется прямой пуск асинхронных двигателей?</li> <li>7. Назовите способы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?</li> </ol>

#### 1.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена (7 семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме экзамена:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений, понятий используемых при изучении основ электропривода	Знает термины и определения основ электропривода, но допускает неточности формулировок	Знает технические термины и определения основ электропривода	Знает термины и определения основ электропривода, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотноше-	Не знает схемы включения, ос-	Знает схемы включения, ос-	Знает схемы включения, ос-	Знает схемы включения, ос-

ний, принципов	новные параметры, характеристики и свойства двигателей.	новные параметры, характеристики и свойства двигателей.	новные параметры, характеристики и свойства двигателей; их интерпретирует	новные параметры, характеристики и свойства двигателей; может самостоятельно объяснить их выбор
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Имеет поверхностные знания основного материала дисциплины, не усвоив его детали	Знает материал дисциплины в полном объеме	Обладает твердыми и полными знаниями материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими формулами, графиками, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие формулы, графики и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие формулы, рисунки и схемы корректно и правильно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы на вопросы экз. билета даны не верно	Ответы даны не в полном объеме	Ответы на вопросы билета раскрыты полностью	Ответы выполнены полностью, рациональным способом
Качество ответа на вопросы экзаменационного билета	Имеются существенные ошибки при ответе на вопросы билета	Ответы выполнены с существенными неточностями, не носящими принципиальный характер	Ответы выполнены с небольшими неточностями	Ответы выполнены без ошибок
Самостоятельность подготовки ответа на вопросы экзаменационного билета	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и де-	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать вы-	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при форму-	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает неболь-	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные вы-



лать выводы	воды при ответе на вопросы билета	лировании выводов на заданные вопросы	шие неточности при формулировании выводов	воды на задаваемые вопросы
Качество оформления ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Ответы оформлены неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения в виде графиков, схем и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При объяснении теоретического материала допускаются грубые ошибки в технических терминах	Объясняя теоретический материал, допускает ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики формирования ответов на вопросы билета	Неверно выбрана методика подготовки ответов	Методика формирования ответов выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании расчетных зависимостей и графического материала	Методика выполнения ответов выбрана верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям и графическому материалу	Выбрана верная или наиболее рациональная методика формирования ответов с применением графического и аналитического методов
Анализ результатов решения задачи	Не произведен анализ результатов решения задачи	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на учебно-методическую литературу	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Переносные лабораторные стенды: изучение магнито-стрикционного эффекта; исследование влияния температуры на сопротивление проводников и полупроводников; исследование влияния материала сердечника катушки индуктивности на характеристики колебательного контура; исследование свойств магнитных материалов. Специализированное оборудование: осциллографы Instek GOS - 620, цифровые мультиметры DT-890+, M-890D, генераторы ГЗ-112/1,
3	Мастерская для проведения лабораторной работы по изучению пайки электротехнических материалов	Специализированная мебель. Специализированное оборудование: паяльной станцией Lukey 852D <sup>+</sup> . Расходные материалы: проволока (медная, алюминиевая); флюсы (канифоль, активный флюс); припой (ПОС-61, сплав Вуда).
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.

4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 224 с. — Режим доступа — ЭБС издательства «Лань» [https://e.lanbook.com/book/5845?category\\_pk=937#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5845?category_pk=937#book_name)

2. Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гущинский А. Г. Электропривод: Учебник / Под ред. А. П. Епифанова. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 400 с. — Режим доступа — ЭБС издательства «Лань» [https://e.lanbook.com/book/3812?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3812?category_pk=931#book_name)

3. Основы электропривода: методические рекомендации к выполнению расчетно-графического задания для студентов направления бакалавриата 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника/ сост.: О.Ю.Приходько, Н.А.Корнилова, В.В.Фролов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 43с.

4. Электрический привод: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 140604 – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов/ сост.: М.А. Авербух, Д.И. Пожаров. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 50с.

5. Электропривод: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.Н. Семернин, А.Н. Потапенко, А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 89с.

6. Москаленко В.В. Электрический привод: Учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 368с.

7. Фролов Ю. М., Шелякин В. П. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 368с. — Режим доступа – ЭБС издательства «Лань» [https://e.lanbook.com/book/3185?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3185?category_pk=931#book_name)

8. Электрические машины: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук, Н.Б. Сибирцева и др.. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 64с.

### 6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Официальный сайт Музылевой И.В. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cifra.studentmiv.ru/about/> - Заглавие с экрана

2. Разработка и производство шаговых вентильных и коллекторных электроприводов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://electroprivod.ru/products.htm> - Заглавие с экрана

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>1</sup>

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>2</sup>

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

---

<sup>1</sup> Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

<sup>2</sup> Нужно подчеркнуть