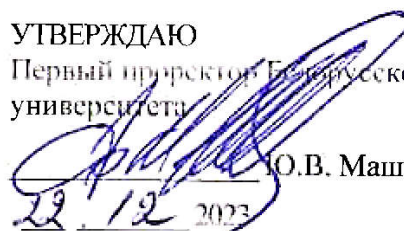


Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-Российского  
университета



О.В. Машин

22.12.2023

Регистрационный № УД-150306/Б.1.В.4 /р

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ  
МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ  
УСТРОЙСТВ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Направление подготовки** 15.03.06 Мехатроника и робототехника

**Направленность (профиль)** Робототехника и робототехнические системы:  
разработка и применение

**Квалификация** Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	6
Лекции, часы	34
Лабораторные работы, часы	16
Практические занятия, часы	16
<b>Зачёт</b> , семестр	6
Контактная работа по учебным занятиям, часы	66
Самостоятельная работа, часы	78
Всего часов / зачетных единиц	144 / 4

Кафедра-разработчик программы: Электропривод и автоматизация промышленных установок

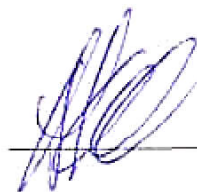
Составитель: к.т.н., доцент Б. Б. Скарыно

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1046 от 17.08.2020, учебным планом, утвержденным Советом университета 28.04.2023, рег. 150306-2.1.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

23 мая 2023 г., протокол № 9.

Зав. кафедрой



А. С. Коваль

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом Белорусско-Российского университета

20 декабря 2023 г., протокол № 3.

Зам. председателя  
Научно-методического совета



С. А. Сухоцкий

Рецензент:

А.В. Яровой, директор частного производственного унитарного предприятия «Инвестпрограмма»

Рабочая программа согласована:

Зав. кафедрой  
«Технология машиностроения»



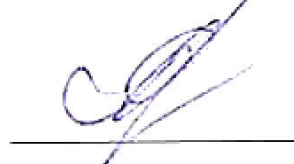
В. М. Шеменков

Ведущий библиотекарь



С. А. Велесенский

Начальник учебно-методического  
отдела



О. Е. Печковская

# 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование у студентов знаний об общих физических свойствах и характеристиках электромеханических систем как объекте автоматического управления на базе рассмотрения их обобщённых структур; изучение энергетики и основ выбора мощности силовых элементов электропривода для мехатронных и робототехнических устройств; овладение конкретными методиками расчёта параметров электропривода, выбора мощности электродвигателей, расчётами статических и динамических режимов работы электроприводов, принципами построения систем электропривода.

## 1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

### **знать:**

- назначение, элементную базу, характеристики и регулировочные свойства электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока для мехатронных и робототехнических устройств;
- математические описания, структурные схемы и физические свойства механической части электропривода;
- закономерности электромеханического преобразования энергии;
- общие свойства разомкнутых и замкнутых по основным координатам электромеханических систем;
- энергетику электроприводов и методы эквивалентирования режимов работы электроприводов по нагреву;

### **уметь:**

- рассчитывать параметры, энергетические, статические и динамические характеристики механической части электропривода и составлять расчётные схемы;
- рассчитывать статические, механические, электромеханические характеристики (естественные и искусственные) электрических машин постоянного и переменного тока;
- рассчитывать статические и динамические характеристики разомкнутых и замкнутых систем электропривода;
- рассчитывать энергетические параметры электропривода и выбирать силовое электрооборудование;
- проводить экспериментальные исследования статических, динамических и энергетических характеристик электродвигателей и систем электроприводов;
- производить выбор электрического привода, формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчёта с его публичной защитой;

### **владеть:**

- методами расчёта переходных и установившихся процессов в автоматизированных электроприводах мехатронных и робототехнических устройств;
- методами проектирования и конструирования электротехнического оборудования и систем автоматизированного электропривода в мехатронном исполнении;
- методами анализа режимов работы автоматизированных электроприводов.

## 1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 "Дисциплины (модули)" (часть Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений, Б1В4).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

– Математика (дифференциальное и интегральное исчисление, преобразования Лапласа);

– Электротехника и электроника (методы анализа и расчёта линейных и нелинейных электрических цепей переменного и постоянного тока).

Перечень учебных дисциплин (циклов дисциплин), которые будут опираться на данную дисциплину:

– Информационные устройства в мехатронике;

– Проектирование робототехнических систем;

– Роботизированное производство.

Кроме того, знания, полученные при изучении дисциплины на лекционных и лабораторных занятиях, будут применены при прохождении производственной практики, а также при подготовке выпускной квалификационной работы и дальнейшей профессиональной деятельности.

#### 1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-2	Способен осуществлять оперативное планирование, создавать средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочных производств, обеспечение их бесперебойной работы
ПК-3	Способен проектировать и конструировать изделия детской и образовательной робототехники

## 2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

### 2.1 Содержание учебной дисциплины

Номера тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Введение в электропривод	Определение электропривода. Электропривод как система. Структурная схема электропривода. Основные виды электромеханических преобразователей энергии. Типы силовых преобразовательных устройств, применяемых в электроприводах. Функции электропривода и требования к нему. Классификация электроприводов. Исторический обзор развития электропривода. Современное состояние теории и практики автоматизированного электропривода.	ПК-2 ПК-3
2	Механика электропривода	Основные механические узлы и кинематические схемы электроприводов. Типовые нагрузки механической части электропривода. Моменты и силы упругого взаимодействия. Консервативные и диссипативные силы и моменты. Приведение нагрузок, движущихся масс и жесткостей связей к расчетной скорости. Составление расчетных механических схем. Уравнения Лагранжа и получение с их помощью уравнений движения связанных масс электропривода. Уравнения движения электропривода и его анализ. Ускорение, замедление, движение с постоянной скоростью электропривода. Понятие об устойчивом и неустойчивом режимах работы электропривода. Обобщенная структурная схема механической части электропривода.	ПК-2 ПК-3
3	Электромеханическое преобразование энергии	Обобщенное математическое описание процессов электромеханического преобразования энергии. Режимы преобразования энергии и их характеристики. Статические и динамические режимы работы электропривода. Ограничения, накладываемые на процессы электромеханического преобразования энергии	ПК-2 ПК-3
4	Электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного тока	Электромеханические свойства и характеристики двигателя постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ). Уравнение динамической механической характеристики ДПТ НВ. Структурные схемы ДПТ НВ. Статические электромеханические и механические характеристики ДПТ НВ. Влияние параметров ДПТ НВ на механические и электромеханические характеристики. Тормозные режимы работы ДПТ НВ, механические и электромеханические характеристики ДПТ НВ в этих режимах, энергетическая оценка тормозных режимов. Уравнения и структурные схемы двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТ ПВ). Механические и электромеханические характеристики ДПТ ПВ в статическом режиме. Расчет и построение статических характеристик ДПТ ПВ. Тормозные режимы ДПТ ПВ; схемы, характеристики, методы их расчетов. Особенности статических характеристик двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением (ДПТ СВ), методы их расчета. Тормозные режимы ДПТ СВ.	ПК-2 ПК-3

Номера тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
5	Электромеханические свойства и характеристики двигателей переменного тока	<p>Уравнения, характеристики и схемы асинхронного двигателя (АД). Двухфазная модель АД в осях <math>\{\alpha, \beta\}</math>; <math>\{d, q\}</math>. Векторные уравнения АД в осях <math>\{x, y\}</math>. Установившийся режим работы АД и его уравнения. "Т"-образная схема замещения АД. "Г"-образная схема замещения одной фазы АД и основные уравнения для этой схемы. Формула Клосса и механическая характеристика АД. Электромеханическая характеристика АД. Влияние параметров АД и источника питания на статические механические характеристики.</p> <p>Уравнения, схема замещения, векторная диаграмма и характеристики АД в установившемся режиме при питании от источника тока. Сопоставление свойств и характеристик АД при питании от источника напряжения и источника тока. Тормозные режимы работы АД. Механические и электромеханические характеристики в этих режимах, энергетическая оценка тормозных режимов. Механическая и угловая характеристики синхронного двигателя.</p>	ПК-2 ПК-3
6	Переходные процессы в электроприводе	<p>Общие понятия инерционности, постоянные времени. Цели изучения переходных процессов и методы расчета. Статическая устойчивость работы электропривода. Переходные процессы в электроприводе при линейном задании скорости и постоянном статическом моменте. Переходные процессы в электроприводе при экспоненциальном задании скорости и постоянном статическом моменте. Электромеханические переходные процессы электропривода с линейной механической характеристикой и постоянным статическим моментом.</p> <p>Электромеханические переходные процессы электропривода с линейной механической характеристикой и постоянным статическим моментом. Электромеханические переходные процессы электропривода при набросе и сбросе нагрузки. Переходные процессы в цепях возбуждения электрических машин. Переходные процессы в электроприводах при изменении магнитного потока. Механические и электромеханические переходные процессы в электроприводах с АД. Переходные процессы в электроприводе с синхронным двигателем.</p>	ПК-2 ПК-3
7	Динамика электропривода	<p>Обобщенная структурная схема электромеханической системы с линейной (линеаризованной) механической характеристикой. Понятие о демпфирующей способности электропривода и влияние его параметров на колебательность механической части.</p> <p>Структурные схемы электроприводов с ДПТ НВ, с ДПТ ПВ, с ДПТ СВ, с АД, с СД. Обобщенная структурная схема электропривода по системе «управляемый преобразователь – двигатель». Типы управляемых статических преобразователей. Описание процессов в статических преобразователях. Передаточные функции статических преобразователей.</p>	ПК-2 ПК-3
8	Регулирование координат электропривода	<p>Общие сведения о регулировании координат электропривода. Основные показатели способов регулирования координат электропривода. Способы регулирования скорости асинхронных электроприводов: система «ТРН-АД»; реостатное регулирование. Частотное управление асинхронными электроприводами. Общие сведения о частотном управлении. Законы частотного</p>	ПК-2 ПК-3

Номера тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
		<p>управления асинхронным двигателем. Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном управлении. Замкнутые системы частотного управления АД; система с постоянством потокосцепления статора; система с постоянством потокосцепления взаимоиנדукции; система с постоянством потокосцепления ротора. Векторное управление асинхронными электродвигателями.</p> <p>Регулирование скорости электроприводов постоянного тока: системы «управляемый преобразователь – двигатель», режимы работы управляемых вентильных преобразователей; система «импульсный регулятор напряжения – двигатель»; регулирование скорости изменением магнитного потока двигателя. Регулирование момента и тока в электроприводе. Регулирование положения электропривода.</p>	
9	Энергетика и основы выбора мощности электропривода	<p>Энергетика установившегося режима работы электропривода. Энергетические показатели: к.п.д., коэффициент мощности. Потери мощности в нерегулируемом электроприводе. Потери мощности в установившемся режиме. Потери энергии в переходных процессах. Способы уменьшения и локализация потерь энергии в переходных процессах электроприводов. Общие сведения о выборе электродвигателей. Нагрев и охлаждение электродвигателей, уравнения и кривые нагрева и охлаждения, постоянные времени нагрева и охлаждения, учет условий охлаждения самовентилируемых электродвигателей.</p> <p>Номинальные режимы работы электродвигателей. Нагрузочные диаграммы механизма и электропривода. Предварительный выбор мощности электродвигателя и предварительная проверка двигателя по нагреву и перегрузочной способности. Выбор мощности двигателя для продолжительного режима работы с неизменной нагрузкой. Выбор мощности двигателя при переменной длительной нагрузке. Метод средних потерь и методы эквивалентных величин: тока, момента, мощности.</p> <p>Выбор мощности двигателя при кратковременном режиме работы. Выбор мощности двигателя при повторно-кратковременном режиме работы. Выбор электродвигателя при ударной нагрузке электропривода. Определение допустимого числа включений в час асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.</p>	ПК-2 ПК-3

## 2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1									
1	Тема № 1 Введение в электропривод	2					5		
2	Тема № 2 Механика электропривода	2	ПР № 1 Механика электропривода	2	ЛР № 1 Исследование электропривода на основе	2	5	ЗЛР	5

					бесколлекторного электродвигателя постоянного тока				
3	Тема № 2	2					5		
4	Тема № 3 Электромеханическое преобразование энергии	2	ПР № 1	2	ЛР № 2 Исследование вентильных электроприводов	2	5	ЗЛР	5
5	Тема № 4 Электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного тока	2					5		
6	Тема № 4	2	ПР № 2 Расчёт статических электромеханических и механических характеристик ДПТ с НВ и АД	2	ЛР № 3 Исследование сервоприводов	2	5	ЗЛР	5
7	Тема № 5 Электромеханические свойства и характеристики двигателей переменного тока	2					5	КР	10
8	Тема № 5	2	ПР № 2	2	ЛР № 3	2	5	ЗЛР ПКУ	5 30
Модуль 2									
9	Тема № 6 Переходные процессы в электроприводе	2					5		
10	Тема № 6	2	ПР № 3 Типовые задачи по механике электропривода и их решение	2	ЛР № 4 Исследование шаговых электроприводов	2	5	ЗЛР	5
11	Тема № 7 Динамика электропривода	2					5		
12	Тема № 7	2	ПР № 3	2	ЛР № 5 Исследование электропривода переменного тока по системе «ПЧ– АД»	2	5	ЗЛР	5
13	Тема № 8 Регулирование координат электропривода	2					5		
14	Тема № 8	2	ПР № 4 Типовые задачи по расчёту статических режимов работы ДПТ с НВ и их решение	2	ЛР № 5	2	5	ЗЛР	5
15	Тема № 9 Энергетика и основы выбора мощности электропривода	2					2		
16	Тема № 9	2	ПР № 4	2	ЛР № 5	2	2	ЗЛР	5
17	Тема № 9	2					4	КР ПКУ ПА (зачёт)	10 30 40
	Итого	34		16		16	78		100

Принятые обозначения:

ЗЛР – защита лабораторной работы;

КР – контрольная работа;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА – Промежуточная аттестация.



Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Зачёт

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

### 3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение инновационных форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий			Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Традиционные	Темы 4-9			26
2	Мультимедиа	Темы 1-3			8
3	С использованием ПК			Л. п. 1-5	16
4	Расчетные		Пр. з. 1-4		16
	<b>ИТОГО</b>	34	16	16	66

### 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к зачёту	1
2	Перечень заданий для контрольных работ	1
3	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ	1
4	Перечень контрольных вопросов для защиты практических заданий	1
5	Задания для диагностической работы, необходимые для оценки планируемых результатов обучения по дисциплине (для курсовых работ, промежуточного контроля успеваемости)	1

### 5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

#### 5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
<b>Компетенция ПК-2. Способен осуществлять оперативное планирование, создавать средства автоматизации и механизации технологических процессов механосборочных производств, обеспечение их бесперебойной работы</b>			
<b>ИПК-2.2. Способен разрабатывать и экономически обосновывать технические задания на создание средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства</b>			
1	Пороговый уровень	Основы построения электроприводов, входящих в состав мехатронных и робототехнических устройств	Знает назначение, функциональные части и элементы электропривода, его принцип действия
2	Продвинутый уровень	Технические требования, предъявляемые к	Умеет производить анализ технических требований,

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
		электроприводам мехатронных и робототехнических систем	предъявляемых к электроприводу мехатронных и робототехнических систем
3	Высокий уровень	Классификации электрических приводов. Сравнительная оценка приводов. Назначение и виды электрических приводов.	Умеет выбирать элементы системы электропривода и её структуру, настраивать и эксплуатировать электрические приводы мехатронных и робототехнических систем
<i>ИПК-2.3. Способен совершенствовать системы автоматизации и механизации технологических процессов, конструкцию технических средств</i>			
4	Пороговый уровень	Анализ режимов работы ЭП	Умеет анализировать режимы работы электропривода, рассчитывать переходные процессы электропривода при данном виде управляющего или возмущающего воздействий
5	Продвинутый уровень	Исследование потерь мощности в установившихся режимах работы ЭП. Способы их снижения	Анализирует причины появления потерь мощности в установившихся режимах работы ЭП и потерь энергии в переходных режимах, знает способы снижения этих потерь
6	Высокий уровень	Экспериментальное исследования электроприводов	Характеризует и оценивает направления совершенствования элементов электропривода
<b>Компетенция ПК-3. Способен проектировать и конструировать изделия детской и образовательной робототехники</b>			
<i>ИПК-3.1. Способен разрабатывать электрические схемы и выполнять расчёты электрических цепей аналоговых и цифровых электронных узлов робототехнических систем</i>			
7	Пороговый уровень	Изучение методов разработки электрических схем и расчёта электрических цепей аналоговых и цифровых электронных узлов робототехнических систем	Имеет понятие о разработке электрических схем и методах расчёта электрических цепей аналоговых и цифровых электронных узлов робототехнических систем
8	Продвинутый уровень	Разработка электрических схем. Расчёт электрических цепей аналоговых и цифровых электронных узлов робототехнических систем	Умеет разрабатывать электрические схемы и выполнять расчёты электрических цепей аналоговых и цифровых электронных узлов робототехнических систем
9	Высокий уровень	Разработка электрических схем различной степени сложности и расчёт электрических цепей	Владет навыками разработки электрических схем различной степени сложности и методами расчёта электрических цепей
<i>ИПК-3.2. Способен выбирать элементную базу и проводить построение и расчёт монтажных и принципиальных схем</i>			
10	Пороговый уровень	Элементная база, характеристики и регулировочные свойства электроприводов	Знает назначение, элементную базу, характеристики и регулировочные свойства электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока для мехатронных и робототехнических устройств
11	Продвинутый уровень	Знание методик и инструментария для расчёта и выбора элементов, входящих в состав проектируемого электропривода	Способен выбирать элементную базу, умеет читать электрические схемы управления электроприводами
12	Высокий уровень	Построение и расчёт монтажных и принципиальных схем	Умеет производить разработку монтажных и принципиальных схем электропривода на основе выбранной элементной базы
<i>ИПК-3.4. Способен разрабатывать макеты информационных, электромеханических,</i>			

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
<i>электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем</i>			
13	Пороговый уровень	Электрические двигатели и электроприводы в составе мехатронных и робототехнических систем	Знает структурное представление и математическое описание электрических двигателей и электроприводов мехатронных и робототехнических систем
14	Продвинутый уровень	Проведение экспериментальных исследований электромеханических модулей мехатронных и робототехнических систем	Имеет практический опыт по экспериментальному исследованию электрических машин и электроприводов
15	Высокий уровень	Разработка макетов электромеханических модулей мехатронных и робототехнических систем	Владеет методами проектирования и конструирования электротехнического оборудования и систем автоматизированного электропривода в мехатронном исполнении

## 5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
<b>Компетенция ПК-2</b>	
<i>ИПК-2.2. Способен разрабатывать и экономически обосновывать технические задания на создание средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства</i>	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ Перечень контрольных вопросов для защиты практических заданий
<i>ИПК-2.3. Способен совершенствовать системы автоматизации и механизации технологических процессов, конструкцию технических средств</i>	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ Перечень контрольных вопросов для защиты практических заданий
<b>Компетенция ПК-3</b>	
<i>ИПК-3.1. Способен разрабатывать электрические схемы и выполнять расчёты электрических цепей аналоговых и цифровых электронных узлов робототехнических систем</i>	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ Перечень контрольных вопросов для защиты практических заданий
<i>ИПК-3.2. Способен выбирать элементную базу и проводить построение и расчёт монтажных и принципиальных схем</i>	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ Перечень контрольных вопросов для защиты практических заданий
<i>ИПК-3.4. Способен разрабатывать макеты информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем</i>	Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ Перечень контрольных вопросов для защиты практических заданий

## 5.3 Критерии оценки лабораторных работ

К выполнению лабораторной работы допускается студент, имеющий отчет в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях и прошедший предлабораторный опрос, включающий тестовые вопросы по лабораторной работе.

Отработанную лабораторную работу студент защищает в устной беседе с преподавателем. Для конкретной оценки знаний студента следует руководствоваться следующими критериями:

Лабораторные работы №1–5	
Предлабораторный опрос	2 балла – студент отвечает верно на все вопросы предлабораторного теста 1 балл – студент ответил верно на 50 % вопросов предлабораторного теста 0 баллов студент получает, если не владеет материалом по теме лабораторной работы.
Защита лабораторной работы	3 балла – студент выполнил лабораторную работу, сделал выводы, усвоил учебно-программный материал, четко и полно отвечает на вопросы, демонстрирует полное владение материалом, знаком с основной и дополнительной литературой по теме лабораторной работы. 2 балла – студент выполнил лабораторную работу, сделал выводы, усвоил учебно-программный материал, четко и полно отвечает на вопросы. 1 балл – студент выполнил лабораторную работу, сделал выводы, но недостаточно четко и полно отвечает на вопросы.

#### 5.4 Критерии оценки контрольных работ

Контрольные работы включают задачи по расчёту автоматизированного электропривода и его элементов, а также несколько типовых расчётных задач.

10-8 баллов – студент правильно и обоснованно выбирает методику решения задания, четко поясняет методику решения поставленной задачи. Получает численные значения результатов расчета и дает их аргументированное обоснование, правильно использует научную терминологию.

8-6 баллов – студент правильно выбирает методику решения задания, получает численные значения результатов расчета, правильно использует научную терминологию, допускает отдельные неточности, которые не влияют на конечный результат расчета.

6-4 баллов – студент правильно выбирает методику решения задания, правильно, с обоснованием, но расчет выполнен с ошибками, допускает отдельные неточности.

4-2 балла – студент правильно выбирает методику решения задания, но с ошибками составил уравнения.

2-1 балл – студент имеет общее представление о выборе методики решения практического задания, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

0 баллов – студент сдал пустой лист ответа или на нем написаны только задания контрольной работы.

#### 5.5 Критерии оценки зачёта

На зачет вынесены один теоретический вопрос и три практических задания. Минимальное количество баллов на зачете – 15, максимальное – 40.

Каждый из вопросов билета оценивается положительной оценкой до 10 баллов, дополнительный вопрос оценивается положительной оценкой до 10 баллов. Дополнительный вопрос задается в случае получения студентом менее 15 баллов при ответе на билет либо для повышения результирующей оценки за ответы по билету.

Ответы на вопросы оцениваются по следующим критериям:

##### Теоретический вопрос:

10 баллов – глубокое, систематизированное и полное изложение теоретического материала по всем разделам учебной программы, точное использование научной терминологии, умение обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, давать развернутый и четкий ответ, как на поставленный вопрос, так и на дополнительные вопросы, выходящие за пределы учебной программы.

9 баллов – глубокое, систематизированное и полное изложение теоретического материала по всем разделам учебной программы, точное использование научной терминологии, умение обосновывать выводы и разъяснять их в логической

последовательности, дает развернутый и четкий ответ, как на поставленный вопрос, так и на дополнительные вопросы в объеме учебной программы.

8 баллов – глубокие, систематизированные и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы, точное использование научной терминологии, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы.

7 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью делать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности, в том числе и на дополнительные вопросы.

6 баллов – студент хорошо понимает пройденный материал, отвечает правильно, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, обосновывает выводы и разъясняет их, но допускает ошибки общего характера.

5 баллов – студент понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновать некоторые выводы, допускает ошибки общего характера.

4 балла – студент отвечает в основном правильно на поставленный вопрос, но чувствуется механическое заучивание материала, отсутствует логическая последовательность при изложении ответа, не может ответить на дополнительные вопросы.

3 балла – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

Ниже 3 баллов – студент имеет общее представление о вопросе, ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

#### Практический вопрос:

10-8 баллов – студент правильно и обоснованно выбирает методику решения практического задания, четко поясняет методику решения поставленной задачи. Получает численные значения результатов расчета и дает их аргументированное обоснование, правильно использует научную терминологию.

8-6 баллов – студент правильно выбирает методику решения практического задания, получает численные значения результатов расчета, правильно использует научную терминологию, допускает отдельные неточности, которые не влияют на конечный результат расчета.

6-4 баллов – студент правильно выбирает методику решения практического задания, правильно, с обоснованием, но расчет выполнен с ошибками, допускает отдельные неточности, в том числе и на дополнительные вопросы.

4-2 балла – студент правильно выбирает методику решения практического задания, но с ошибками составил уравнения и не может ответить на дополнительные вопросы.

Ниже 2 баллов – студент имеет общее представление о выборе методики решения практического задания, отсутствует техническая терминология, не может исправить ошибки с помощью наводящих вопросов.

## **6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. Для самостоятельной работы рекомендуется использовать источники, приведенные в разделе 7, а также другие современные образовательные ресурсы. Самостоятельная работа студентов реализуется в

виде аудиторной самостоятельной работы и внеаудиторной самостоятельной работы и включает следующие формы работ:

- изучение лекционного материала, предусматривающее проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- работа с материалами курса, вынесенными на самостоятельное изучение;
- подготовка к аудиторным занятиям;
- решение индивидуальных заданий;
- решение задач при проведении практических занятий под контролем преподавателя;
- подготовка к зачёту.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов хранится на кафедре.

Контроль самостоятельной работы является мотивирующим фактором образовательной деятельности студента. Контроль выполнения самостоятельной работы, отчёт по самостоятельной работе должны быть индивидуальными.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента могут являться:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении лабораторных работ;
- обоснованность и чёткость изложения ответа;
- оформление отчётов по лабораторным работам в соответствии с предъявляемыми в требованиями;
- сформированные компетенции в соответствии с целями и задачами изучения дисциплины «Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств».

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1	Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник / В.В. Москаленко. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 364 с.	Рек. УМО вузов России по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учебн. для студ. высших уч. заведений, обуч. по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника»	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1851452">https://znanium.com/catalog/product/1851452</a>
2	Овсянников, Е. М. Электрический привод: учебник / Е. М. Овсянников. – М.: ФОРУМ, 2019. – 224 с.	Рек. УМО вузов РФ по образованию в области трансп. машин и транспортно-техническ. комплексов в качестве учебного пособия для студ. вузов, обучающ. по спец. «Автомобиле- и тракторостроение»	<a href="https://znanium.com/catalog/product/987416">https://znanium.com/catalog/product/987416</a>

### 7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1	Овсянников, Е. М. Электрический привод: учебник для вузов / Е. М. Овсянников. – М.: ФОРУМ, 2016. – 224 с.	Рек. УМО вузов РФ по образованию в области трансп. машин и трансп.-технологич. комплексов в качестве учебника для студ. вузов	30
2	Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В. В. Москаленко. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 364 с.	Рек. УМО вузов России по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учебника для студ. вузов	5
3	Иванов, А. А. Основы робототехники: учебное пособие / А.А. Иванов. – 2-е изд., испр. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 223 с.	Допущено Учебно-мет. объединением по образ. в области автоматизирован. машиностроения (УМО АМ) в качестве уч. пособ. для студентов высш. уч. заведений, обуч. по напр. подготовки дипломир. специалистов 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1842546">https://znanium.com/catalog/product/1842546</a>
4	Смирнов, А. Ю. Электропривод с бесконтактными синхронными	Рекомендовано Межрегиональным учебно-	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1192105">https://znanium.com/catalog/product/1192105</a>

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
	двигателями: учебное пособие / А. Ю. Смирнов. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 200 с.	метод. советом проф. образования в кач. уч. пособия для студ. высш. учеб. завед., обуч. по напр. подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»	
5	Неменко, А. В. Механические компоненты электропривода машин. Расчёт и проектирование: уч. пособие / А.В. Неменко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 343 с.	–	10
6	Симаков, Г. М. Системы расчета автоматизированного электропривода: учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац, Д. А. Котин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 147 с.	–	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1868872">https://znanium.com/catalog/product/1868872</a>
7	Онищенко, Г. Б. Теория электропривода: учебник / Г. Б. Онищенко. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 294 с.	Доп. УМО вузов России по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учебника для студ. вузов	5
8	Электропривод типовых производственных механизмов: учеб. пособие для академ. бакалавриата / Ю. Н. Дементьев [и др.]. – М.: Юрайт, 2018. – 403 с.	Доп. УМО по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учеб. пособия для студ. вузов	30
9	Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учеб. пособие / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. – 224с.	Доп. УМО по образованию в обл. технологии и проектирования текстильных изделий в качестве учеб. пособия для студ. вузов	15
10	Фролов, Ю. М. Регулируемый асинхронный электропривод: учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. – 2-е изд., стер. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2022. – 464 с.	Рек. УМО вузов РФ по агроинженерному образованию в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2

### 7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

Адрес ресурса	Описание электронной библиотеки
<a href="http://www.npa.by">www.npa.by</a>	Государственный фонд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь
<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
<a href="http://www.electrik.org">www.electrik.org</a>	Информационный портал инженеров-электриков и энергетиков
<a href="http://electrolibrary.info">http://electrolibrary.info</a>	Электронная электротехническая библиотека
<a href="https://cyberleninka.ru">https://cyberleninka.ru</a>	Научная электронная библиотека открытого доступа
<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>	Электронная библиотечная система
<a href="http://ru.wikipedia.org">ru.wikipedia.org</a>	Свободная интернет-энциклопедия



## **7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам**

### **7.4.1 Методические рекомендации**

1. Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» дневной формы обучения / Составители: Б. Б. Скарыно, А. С. Третьяков. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2023. – 35 с.

2. Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» дневной формы обучения / Составители: Б. Б. Скарыно, А. С. Третьяков. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2023. – 48 с.

### **7.4.2 Информационные технологии**

Тема 1. Введение в электропривод

Тема 2. Механика электропривода

Тема 3. Электромеханическое преобразование энергии

Тема 4. Электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного тока

Тема 5. Электромеханические свойства и характеристики двигателей переменного тока

Тема 6. Переходные процессы в электроприводе

Тема 7. Динамика электропривода

Тема 8. Регулирование координат электропривода

Тема 9. Энергетика и основы выбора мощности электропривода

### **7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе**

Проприетарное программное обеспечение:

1 MS Word.

2 MATLAB.

3 MathCAD.

Свободное программное обеспечение:

1. LibreOffice.

2. Modelica.

3. Maxima.

## **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории рег. номер ПУЛ-4.503-204/2-23.