

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»  
(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Энергетики и автоматизированных систем  
С.И. Лукьянов  
«26» сентября 2018г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Основы электропривода

Направление подготовки  
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль/ специализация) программы  
«Электроника информационных и промышленных систем»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат



Форма обучения  
Заочная

Институт энергетики и автоматизированных систем  
Кафедра электроники и микроэлектроники  
Курс - 4

Магнитогорск  
2018 г.



**Лист регистрации изменений и дополнения**

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	05.09.2019 г. протокол №1	
2.	8	Актуализация учебно - методического и информационного обеспечения дисциплины	31.08.2020 г. протокол №1	

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Основы электропривода» являются: ознакомление с основами устройства регулируемого электропривода и методикой экспериментального исследования параметров и характеристик электроприводов постоянного и переменного тока.

Поставленные цели достигаются с помощью решения следующих задач:

- изучение свойств и характеристик различных типов электроприводов;
- изучение теоретически обоснованных общих методов практического выбора, расчета и управления типовых и специальных установок систем автоматизированного электропривода, используемых в различных электротехнических системах и комплексах;
- изучение и усвоение студентами принципов работы современных электроприводов;
- овладение умениями осуществлять расчет и строить механические характеристики в различных системах электропривода;
- изучение различных способов регулирования скорости и других координат систем электропривода.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Основы электропривода» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения «теоретические основы электротехники», «физические основы электроники», «электрические машины», «теория автоматического управления», «основы преобразовательной техники».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при изучении дисциплин «методы и средства диагностирования», «устройства преобразовательной техники», при защите выпускной квалификационной работы.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Основы электропривода» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	ПК-2: способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
Знать	<ul style="list-style-type: none"><li>- основные определения и понятия теории электропривода;</li><li>- основные методы исследований, используемые при расчете параметров электроприводов;</li><li>- определения скоростных и механических характеристик;</li><li>- основные критерии выбора электропривода по мощности;</li><li>- определения переходных процессов в электроприводах;</li><li>- методику расчета основных параметров электроприводов;</li></ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методику расчета скоростных и механических характеристик электроприводов;</li> <li>- методику расчета мощности электроприводов.</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определять тип электрического двигателя по его механическим характеристикам;</li> <li>- выделять главные параметры электрических двигателей при расчете их механических характеристик и переходных процессов;</li> <li>- приобретать знания в области теории электропривода;</li> <li>- объяснять (выявлять и строить) скоростные и механические характеристики электрических двигателей и производственных механизмов;</li> <li>- применять полученные знания в профессиональной деятельности;</li> <li>- корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания;</li> <li>- использовать полученные знания на междисциплинарном уровне;</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения задачи выбора электропривода по мощности;</li> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного.</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета основных параметров электроприводов;</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности;</li> <li>- способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов;</li> <li>- профессиональным языком предметной области знания;</li> <li>- способами демонстрации умения анализировать переходные процессы в электрических двигателях и определения их качества;</li> <li>- возможностью междисциплинарного применения полученных знаний;</li> <li>- основными методами исследования в области электропривода, практическими умениями и навыками их использования;</li> <li>- практическими навыками использования элементов электропривода на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на производственной практике;</li> <li>- основными методами решения задач в области электропривода;</li> <li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды.</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 13,2 акад. часов:
  - аудиторная работа – 10 акад. часов;
  - внеаудиторная работа – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 122,1 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетен-
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Основные сведения. История развития электропривода	4	1	0,5		20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-2 - зув
2. Механика электропривода	4	1	0,5		20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторным занятиям. Выполнение контрольной работы.	Выполнение лабораторной работы, оформление отчета, защита лабораторной работы, проверка контрольной работы	ПК-2 – зув
3. Механические характеристики электроприводов	4	1	0,5		20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Выполнение контрольной работы. Подготовка к лабораторным занятиям	Выполнение лабораторной работы, оформление отчета, защита лабораторной работы, проверка контрольной работы	ПК-2 – зув
4. Регулирование угловой скорости электроприводов	4	1	0,5		20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Выполнение, контроль, оформление отчета	ПК-2 – зув
5. Переходные процессы в электроприводах	4	1 /ИИ	1		20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к лабораторным занятиям	Выполнение лабораторной работы, оформление отчета, защита лабораторной работы	ПК-2 – зув
6. Расчет мощности двигателя	4	1 /ИИ	1		22,1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Выпол-	Выполнение, контроль, оформление отчета, проверка контрольной	ПК-2 – зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетен-
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						нение контрольной работы.	работы	
<b>Итого по дисциплине</b>		6 / 2И	4		122,1		<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	

## 5 Образовательные и информационные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Основы электропривода» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии. Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где студентам заранее предлагается ознакомиться с информацией по теме лекционного занятия для подготовки вопросов лектору, таким образом лекция проходит по типу «вопросы–ответы–дискуссия». На всех лекционных занятиях также применяются элементы лекции-визуализации, за счет представления части лекционного материала с помощью заранее подготовленных презентаций, слайдов с помощью мультимедийного оборудования.

Лекционный материал закрепляется на лабораторных занятиях, на которых выполняются индивидуальные и групповые задания по пройденной теме. Для глубокого и полного усвоения лекционного материала на лабораторных занятиях студентам предлагается выполнять задания на специализированных учебных стендах. На лабораторных занятиях также применяются метод контекстного обучения, работы в команде и метод case-study, позволяющие усвоить учебный материал путём выявления связей между конкретным знанием и его применением, а также анализа конкретных ситуаций и поиска решений в группе студентов. Защита результатов лабораторных работ проходит в виде диалога преподавателя и студента, преподавателем задаются контрольные вопросы с целью выяснения глубины знаний студента по данному разделу, при этом пробелы в знаниях студента восполняются дополнительными пояснениями, комментариями преподавателя.

В ходе самостоятельной работы студенты получают более глубокие практические навыки по дисциплине при подготовке к выполнению и защите лабораторных работ и итоговой аттестации.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: устный опрос (собеседование), выполнение работ на специализированном лабораторном оборудовании и защита полученных результатов, выполнение контрольной работы.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Основы электропривода» предусмотрено самостоятельное изучение обучающимися основной и дополнительной литературы при подготовке к лекционным и лабораторным занятиям по следующей тематике:

Тема 1. Основные сведения. История развития электропривода.

1. Типы электроприводов и движения, осуществляемые ими.
2. Краткий исторический обзор развития электропривода.

Тема 2. Механика электропривода.

1 Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.

2 Механические характеристики производственных механизмов и электрических двигателей.

3 Уравнение движения электропривода.

4 Время ускорения и замедления электропривода. Установившиеся режимы.

Тема 3. Механические характеристики электроприводов.

1. Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения

2. Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения в пусковых и тормозных режимах

3. Механические характеристики асинхронного двигателя

4. Механические характеристики асинхронного двигателя в пусковых и тормозных режимах

Тема 4. Регулирование угловой скорости электроприводов.

1. Основные показатели регулирования угловой скорости электроприводов.

2. Регулирование угловой скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

3. Регулирование угловой скорости асинхронного двигателя

4 Регулирование угловой скорости электроприводов переменного тока

Тема 5. Переходные процессы в электроприводах.

1. Общие положения.

2. Переходные процессы в электроприводах с двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

3. Общие дифференциальные уравнения и их решение.

4. Общие дифференциальные уравнения и их решение без учета электромагнитных процессов.

5 Реостатный пуск.

6. Динамическое торможение.

7. Торможение противовключением.

8. Переходные режимы в приводах с асинхронными двигателями трехфазного тока.

9. Формирование переходных процессов.

Тема 6. Расчет мощности двигателя.

1. Общие положения.

2. Потери энергии в электроприводах постоянного и переменного тока.

3. Нагрев и охлаждение двигателя. Классификация режимов работы электроприводов.

4 Нагрузочные диаграммы электроприводов.

5. Расчет мощности двигателя при продолжительном режиме работы.

6. Расчет мощности двигателя при кратковременном режиме работы.

7. Расчет мощности двигателя при повторно-кратковременном режиме работы.

Самостоятельная работа студентов предполагает также подготовку к выполнению и к защите результатов лабораторных работ.

Темы лабораторных работ (ЛР):

ЛР№1. Определение активного сопротивления обмотки якоря микродвигателя.



ЛР№2. Определение коэффициента электромеханического преобразования микродвигателя.

ЛР№3. Снятие механических характеристик микродвигателя постоянного тока.

ЛР№4. Снятие рабочих характеристик микродвигателя постоянного тока.

ЛР№5. Снятие статических механических характеристик одноконтурной САУ скоростью с различными регуляторами.

ЛР№6. Определение динамических характеристик разомкнутой САУ скоростью двигателя постоянного тока.

Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ:

– Для чего необходимо стопорить электродвигатель при измерении активного сопротивления обмотки якоря?

– Что будет форма электромеханической характеристики, если при измерении активного сопротивления обмотки якоря двигатель не застопоривать?

– Что представляет собой электромеханическая постоянная электродвигателя?

– Какими способами можно регулировать скорость электродвигателя в лабораторной установке?

– Для чего необходим маховик в лабораторной установке?

Кроме того, обучающиеся выполняют контрольные работы по трем темам:

#### 1. Механика электропривода

*Примерное задание:*

А) Выбрать вариант задания (задается ведущим преподавателем) и определить параметры электропривода по базе данных.

Для выбранного электропривода требуется

- провести расчеты параметров электропривода, используемые во всех пунктах задания;

- рассчитать момент сопротивления и момент инерции, приведенные к валу двигателя.

Б) Для электропривода, параметры которого определены в п. 1, требуется рассчитать и построить в относительных единицах нагрузочные диаграммы при разных массах поднимаемого груза:

- пуска от нуля до номинальной скорости при полном использовании двигателя по перегрузочной способности ;

- пуска от нуля до номинальной скорости при постоянном ускорении, определяемом перегрузочной способностью двигателя и наибольшим поднимаемым грузом;

- торможения от номинальной скорости до нуля при полном использовании двигателя по перегрузочной способности;

- торможения от номинальной скорости до нуля при постоянном ускорении (замедлении) привода, определяемом перегрузочной способностью двигателя и наименьшим поднимаемым грузом.

В) Для электропривода, параметры которого приведены в п. 1, требуется рассчитать и построить в относительных единицах нагрузочные диаграммы, а также зависимость пути от времени  $S = f(t)$  при разных массах поднимаемого груза:

- пуска от нуля до номинальной скорости, работы на установившейся скорости и торможения от номинальной скорости до нуля при полном использовании двигателя по перегрузочной способности;

- пуска от нуля до номинальной скорости, работы на установившейся скорости и торможения от номинальной скорости до нуля при постоянном ускорении привода, определяемом перегрузочной способностью и наибольшей массой поднимаемого груза.

Г) Проанализировать полученные и сделать соответствующие выводы.

- Влияние передаточного числа и КПД на величину момента сопротивления и момент инерции, приведенных к валу двигателя.
- Влияние массы поднимаемого груза на момент сопротивления и момент инерции, приведенных к валу двигателя.
- Влияние массы поднимаемого груза на время пусковой и тормозной моменты, ускорение привода.
- Влияние массы поднимаемого груза на время пуска и торможения.

## 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ СВОЙСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*Примерное задание:*

1. Выбрать вариант задания (задается ведущим преподавателем) и определить параметры двигателя. Технические данные двигателей постоянного тока независимого возбуждения по вариантам приведены в табл. 1.

Для выбранного двигателя требуется провести расчеты параметров, используемые во всех пунктах задания.

2. Задаться относительными значениями сопротивлений дополнительных резисторов, вводимых в якорную цепь. Для выбранного двигателя и заданных значений резисторов рассчитать и построить:

2.1. Естественные механическую и электромеханическую характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

2.2. Реостатные механические и электромеханические характеристики

3. Задаться коэффициентами понижения якорного напряжения в долях от номинального. Рассчитать и построить механические и электромеханические характеристики при пониженном напряжении. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.

4. Определить постоянную двигателя при максимальном ослаблении магнитного потока двигателя. Рассчитать и построить механическую и электромеханическую характеристики при ослабленном магнитном потоке. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.

5. Определить величины сопротивления динамического торможения, которые обеспечивали бросок якорного тока:  $-I_n$  и  $-2 \cdot I_n$ , при начальной скорости, равной номинальной. Рассчитать и построить механические и электромеханические характеристики динамического торможения. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.

6. Определить величину сопротивление противовключения, которое обеспечивало силовой спуск груза со скоростью, равной номинальной, при моменте сопротивления, равном номинальному и сопротивлению противовключения, которое обеспечивало бросок якорного тока  $-2 \cdot I_n$ , при смене полярности якорного напряжения и начальной скорости, равной номинальной.

Рассчитать и построить естественные механическую и электромеханическую характеристики и реостатные характеристики двигателя в режиме противовключения. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.

7. Проанализировать полученные результаты и сделать соответствующие выводы.

7.1. Влияние параметров электропривода (дополнительных сопротивлений, напряжения, магнитного потока) на вид механических и электромеханических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения

7.2. Влияние сопротивления якорной цепи на величину перепада скорости и реостатные характеристики.

7.3. Влияние напряжения питания на величину скорости идеального холостого хода, перепада скорости и механические характеристики.

7.4. Влияние магнитного потока на скорость идеального холостого хода, перепада скорости и механические характеристики.

7.5. Влияние сопротивления якорной цепи при динамическом торможении на величину тормозного тока и механические характеристики.

7.6. Влияние сопротивления якорной цепи в режиме противовключения (силовой спуск груза) на величину установившейся скорости и механические характеристики.

7.7. Влияние сопротивления якорной цепи в режиме противовключения на величину тормозного тока и механические характеристики.

### 3. Расчет мощности электроприводов

*Примерное задание:*

При движении электропривода “вперед” (промежутки времени  $t_1, t_2, t_3$ ) момент сопротивления на валу механизма равен  $M_{c,мex}$ , электропривод разгоняется от нуля до номинальной скорости, работает на этой скорости и тормозится до нуля.

Заданная установившаяся угловая скорость вала механизма соответствует основной (номинальной) скорости двигателя

При движении электропривода “назад” (промежутки времени  $t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ ) момент сопротивления на валу механизма равен  $M_{c,xx}$  электропривод разгоняется от нуля до максимальной скорости за счет ослабления магнитного потока, работает на этой скорости и тормозится до нуля.

Путь вала механизма как “вперед”, так и “назад”  $N_{об}$  одинаков. При разгоне и торможении система управления электроприводом обеспечивает постоянство углового ускорения вне зависимости от направления движения  $\frac{d\omega_{мex}}{dt} = const$ .

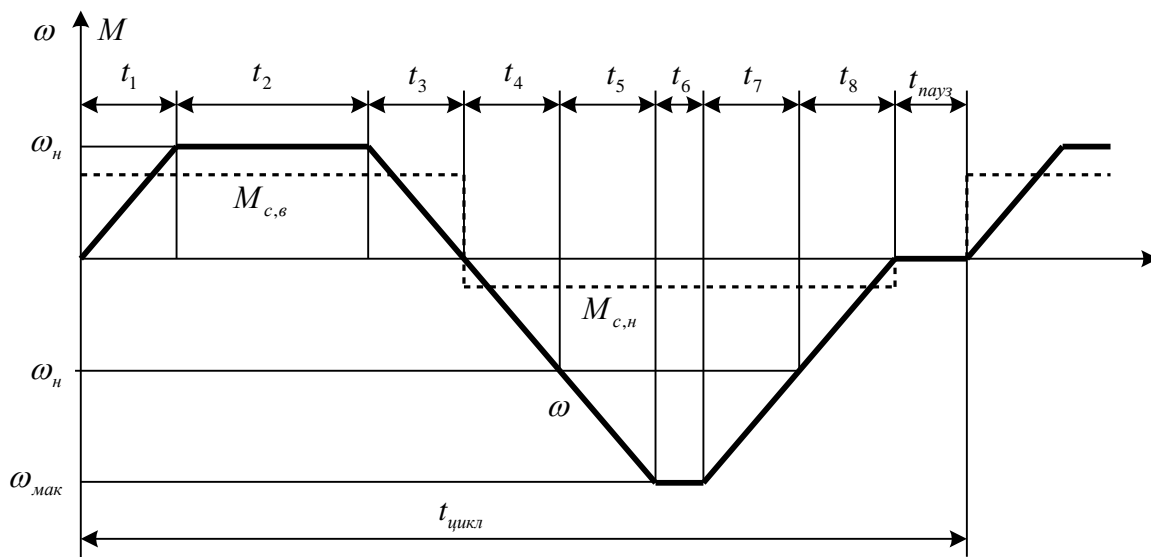


Рис. 1. Тахограмма и зависимость  $M_c = f(t)$  проектируемого электропривода

**Требуется:**

1. Используя исходные данные (табл.1) определить мощность двигателя, его номинальную и максимальную скорости (вариант 60).

Таблица 1

N/N	Наименование	Единицы измерения	Значение
1	Номинальная скорость вала механизма, $n_{мех}$	Об/мин	375
2	Диапазон регулирования		2,3
3	Момент сопротивления на валу механизма при работе "вперед", $M_{с,мех}$	Нм	295
4	Момент сопротивления на валу механизма при работе "назад", $M_{с,хх}$	Нм	29
5	Путь рабочего органа " вперед" или "назад", $N_{об}$	обороты	38
6	Передаточное число редуктора		4
7	КПД редуктора		0,9
8	Момент инерции механизма, $J_{мех}$	кгм <sup>2</sup>	3
9	Угловое ускорение на валу механизма, $\pm \frac{d\omega_{мех}}{dt} = const$	1/с <sup>2</sup>	40
10	Время цикла	с	14
11	Коэффициент ухудшения охлаждения во время паузы		0,5
12	Коэффициент ухудшения охлаждения во время пуска и торможения		0,75

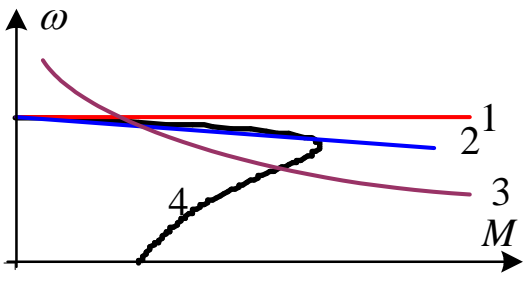
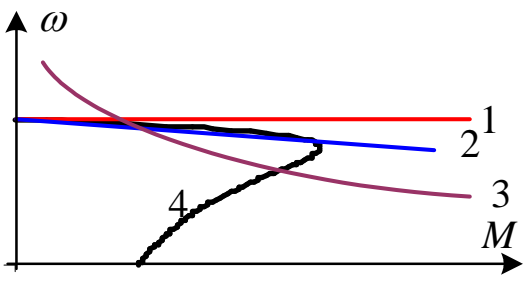
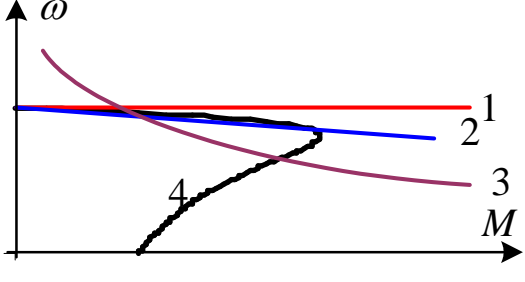
## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

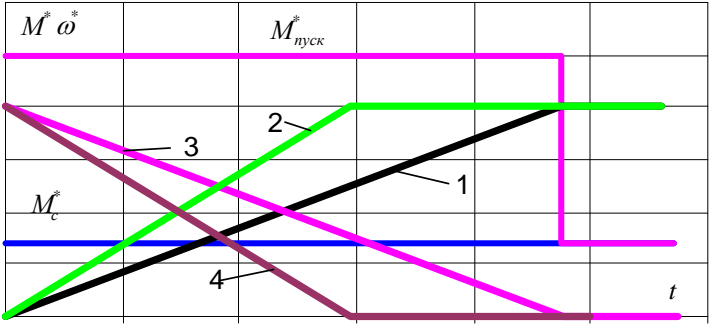
### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения

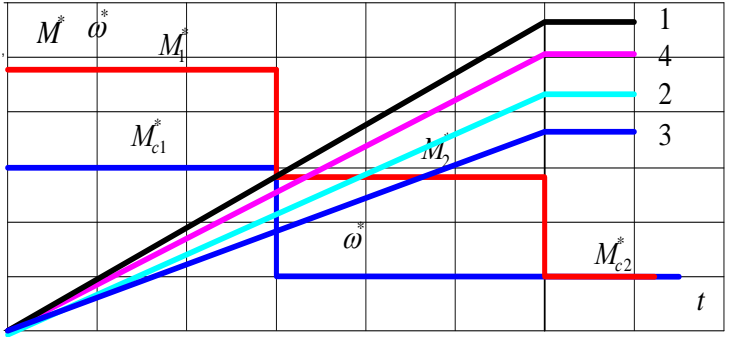
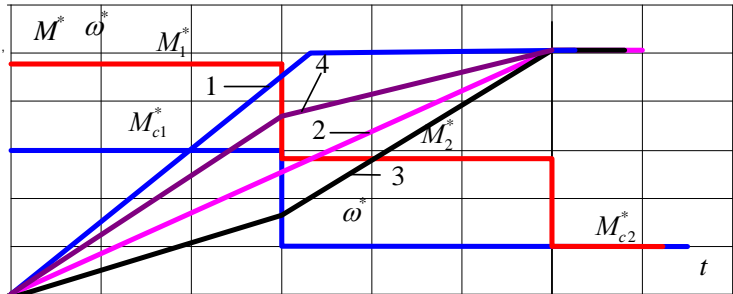
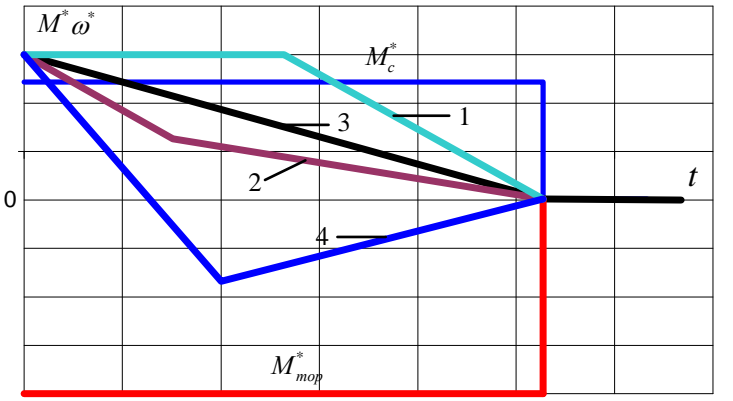
#### промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные определения и понятия теории электропривода;</li> <li>- основные методы исследований, используемые при расчете параметров электроприводов;</li> <li>- определения скоростных и механических характеристик;</li> <li>- основные критерии выбора электропривода по мощности;</li> <li>- определения пере-</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Типы электроприводов и движения, осуществляемые ими.</li> <li>2. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.</li> <li>3. Механические характеристики производственных механизмов и электрических двигателей.</li> <li>4. Уравнение движения электропривода.</li> <li>5. Время ускорения и замедления электропривода. Установившиеся режимы.</li> <li>6. Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</li> <li>7. Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения в пуско-</li> </ol>

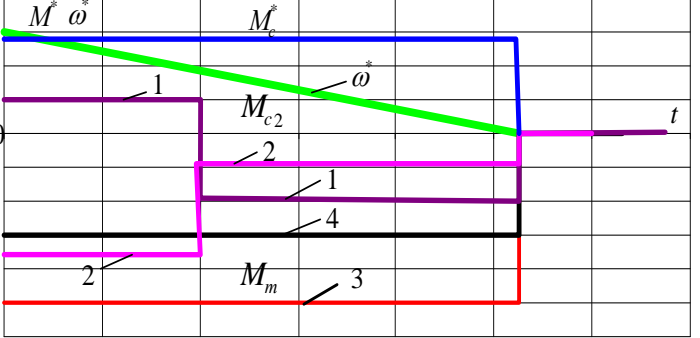
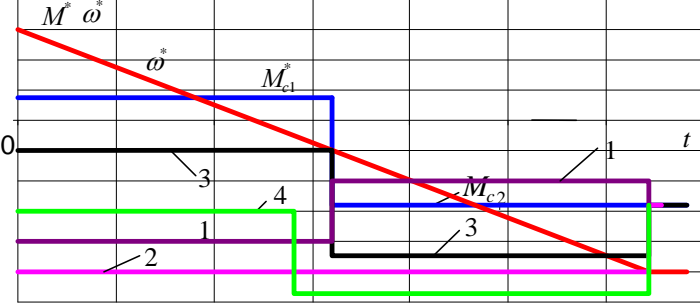
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>ходных процессов в электроприводах;</p> <p>- методику расчета основных параметров электроприводов;</p> <p>- методику расчета скоростных и механических характеристик электроприводов;</p> <p>- методику расчета мощности электроприводов.</p>	<p>вых и тормозных режимах</p> <p>8. Механические характеристики асинхронного двигателя</p> <p>9. Механические характеристики асинхронного двигателя в пусковых и тормозных режимах</p> <p>10. Основные показатели регулирования угловой скорости электроприводов.</p> <p>11. Регулирование угловой скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>12. Регулирование угловой скорости асинхронного двигателя.</p> <p>13. Реостатное регулирование угловой скорости асинхронного двигателя.</p> <p>14. Частотное регулирование угловой скорости асинхронного двигателя.</p> <p>15. Регулирование угловой скорости асинхронного электропривода изменением напряжения.</p> <p>16. Частотное регулирование асинхронных электроприводов.</p> <p>17. Динамическое торможение двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>18. Торможение противовключением двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>19. Расчет мощности двигателя при продолжительном режиме работы.</p> <p>20. Расчет мощности двигателя при кратковременном режиме работы.</p> <p>21. Расчет мощности двигателя при повторно-кратковременном режиме работы.</p> <p>22. Передаточные функции автоматических систем управления.</p> <p>23. Качество регулирования. Показатели качества.</p> <p>24. Системы управления электроприводами с последовательной коррекцией при подчиненном регулировании параметров.</p>
Уметь	<p>- определять тип электрического двигателя по его механическим характеристикам;</p> <p>- выделять главные параметры электрических двигателей при расчете их механических характеристик и переходных процессов;</p> <p>- приобретать знания</p>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. Из приведенных зависимостей выберите уравнение приведения момента сопротивления к валу двигателя.</p> <p>1) <math>M = M_c - J \frac{d\omega}{dt}</math></p> <p>2) <math>M = M_c + J \frac{d\omega}{dt}</math></p> <p>3) <math>M + M_c = -J \frac{d\omega}{dt}</math></p> <p>4) <math>\omega = \frac{U}{c} + \frac{MR_{\alpha}}{c^2}</math></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>в области теории электропривода;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- объяснять (выявлять и строить) скоростные и механические характеристики электрических двигателей и производственных механизмов;</li> <li>- применять полученные знания в профессиональной деятельности;</li> <li>- корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания;</li> <li>- использовать полученные знания на междисциплинарном уровне;</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения задачи выбора электропривода по мощности;</li> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного.</li> </ul>	<p>2. Из приведенных зависимостей выберите уравнение приведения сил сопротивления к валу двигателя.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>M_c = F_{см} \cdot V / \omega_0 \eta_n</math></li> <li>2) <math>M_c = F_{см} \cdot V / V_0 \eta_n</math></li> <li>3) <math>M_c = F_{см} \cdot \omega_0 / V \eta_n</math></li> <li>4) <math>M_c = m_{см} \cdot V / \omega_0 \eta_n</math></li> </ol> <p>3. Из приведенных механических характеристик электрических двигателей укажите характеристику асинхронного двигателя.</p>  <p>4. Из приведенных механических характеристик электрических двигателей укажите характеристику двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.</p>  <p>5. Из приведенных механических характеристик электрических двигателей укажите характеристику синхронного двигателя.</p>  <p>6. Из приведенных уравнений для определения жесткости механических характеристик выберите правильный ответ.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>1) <math>\beta = \frac{M_2 - M_1}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}</math></p> <p>2) <math>\beta = \frac{M_2 - M_1}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}</math></p> <p>3) <math>\beta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{M_2 - M_1} = \frac{\Delta \omega}{\Delta M}</math></p> <p>4) <math>\beta = \frac{M_2 + M_1}{\omega_2 + \omega_1} = \frac{\Delta M}{\Delta \omega}</math></p> <p>7. Из приведенных уравнений выберите правильный ответ, обеспечивающий устойчивую работу электропривода. <math>\beta_\delta</math> и <math>\beta_c</math> - жесткости механических характеристик двигателя и производственного механизма</p> <p>1) <math>\beta_\delta + \beta_c &lt; 0</math></p> <p>2) <math>\beta_c - \beta_\delta &lt; 0</math></p> <p>3) <math>\beta_\delta - \beta_c &lt; 0</math></p> <p>4) <math>\beta_\delta - \beta_c &gt; 0</math></p> <p>8. Из приведенных зависимостей выберите правильное выражение уравнения движения.</p> <p>1) <math>M = M_c - J \frac{d\omega}{dt}</math></p> <p>2) <math>M = M_c + J \frac{d\omega}{dt}</math></p> <p>3) <math>M + M_c = -J \frac{d\omega}{dt}</math></p> <p>4) <math>\omega = \frac{U}{c} + \frac{MR_\alpha}{c^2}</math></p> <p>9. Выбрать зависимость <math>\omega^* = f(t)</math>, которая соответствует заданным зависимостям момента двигателя <math>M^* = f(t)</math>, момента сопротивления <math>M_c^* = f(t)</math>.</p>  <p>10. Выбрать зависимость <math>\omega^* = f(t)</math>, которая соответ-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>существует заданным зависимостям момента двигателя <math>M^* = f(t)</math>, момента сопротивления <math>M_c^* f(t)</math> и наибольшему значению момента инерции <math>J</math>.</p>  <p><b>11.</b> Выбрать зависимость <math>\omega^* = f(t)</math>, которая соответствует заданным зависимостям момента двигателя <math>M^* = f(t)</math>, момента сопротивления <math>M_c^* f(t)</math>.</p>  <p><b>12.</b> Выбрать зависимость <math>\omega^* = f(t)</math>, которая соответствует заданным зависимостям момента двигателя <math>M^* = f(t)</math>, момента сопротивления <math>M_c^* f(t)</math>.</p>  <p><b>13.</b> Выбрать зависимость момента двигателя <math>M^* = f(t)</math>, которая соответствует заданным зависимостям скорости двигателя <math>\omega^* = f(t)</math>, момента сопротивления <math>M_c^* f(t)</math> и наибольшему моменту инерции электропривода.</p>

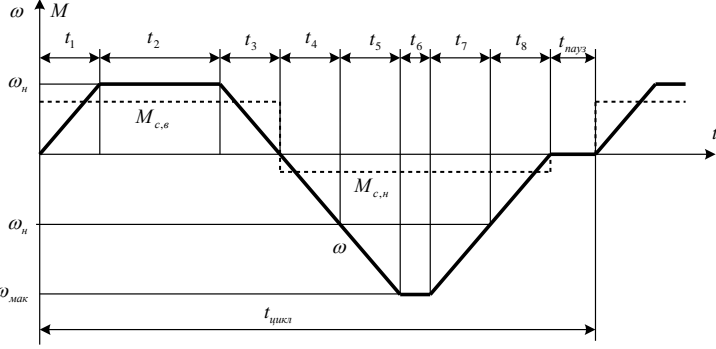


Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="753 660 1476 840"><b>14.</b> Выбрать зависимость момента двигателя <math>M^* = f(t)</math>, которая соответствует заданным зависимостям скорости двигателя <math>\omega^* = f(t)</math>, момента сопротивления <math>M_c^* f(t)</math>.</p> 
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета основных параметров электроприводов;</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности;</li> <li>- способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов;</li> <li>- профессиональным языком предметной области знания;</li> <li>- способами демонстрации умения анализировать переходные процессы в электрических двигате-</li> </ul>	<p>Примерные задания для расчетно-графических работ:</p> <p>1. Механика электропривода</p> <p><i>Примерное задание:</i></p> <p>А) Выбрать вариант задания (задается ведущим преподавателем) и определить параметры электропривода по базе данных.</p> <p>Для выбранного электропривода требуется</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- провести расчеты параметров электропривода, используемые во всех пунктах задания;</li> <li>- рассчитать момент сопротивления и момент инерции, приведенные к валу двигателя.</li> </ul> <p>Б) Для электропривода, параметры которого определены в п. 1, требуется рассчитать и построить в относительных единицах нагрузочные диаграммы при разных массах поднимаемого груза:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пуска от нуля до номинальной скорости при полном использовании двигателя по перегрузочной способности;</li> <li>- пуска от нуля до номинальной скорости при постоянном ускорении, определяемом перегрузочной способностью двигателя и наибольшим поднимаемым грузом;</li> <li>- торможения от номинальной скорости до нуля при полном использовании двигателя по перегрузоч-</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>лях и определения их качества;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможностью междисциплинарного применения полученных знаний;</li> <li>- основными методами исследования в области электропривода, практическими умениями и навыками их использования;</li> <li>- практическими навыками использования элементов электропривода на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на производственной практике;</li> <li>- основными методами решения задач в области электропривода;</li> <li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды.</li> </ul>	<p>ной способности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- торможения от номинальной скорости до нуля при постоянном ускорении (замедлении) привода, определяемом перегрузочной способностью двигателя и наименьшим поднимаемым грузом.</li> </ul> <p>В) Для электропривода, параметры которого приведены в п. 1, требуется рассчитать и построить в относительных единицах нагрузочные диаграммы, а также зависимость пути от времени <math>S = f(t)</math> при разных массах поднимаемого груза:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пуска от нуля до номинальной скорости, работы на установившейся скорости и торможения от номинальной скорости до нуля при полном использовании двигателя по перегрузочной способности;</li> <li>- пуска от нуля до номинальной скорости, работы на установившейся скорости и торможения от номинальной скорости до нуля при постоянном ускорении привода, определяемом перегрузочной способностью и наибольшей массой поднимаемого груза.</li> </ul> <p>Г) Проанализировать полученные и сделать соответствующие выводы.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Влияние передаточного числа и КПД на величину момента сопротивления и момент инерции, приведенных к валу двигателя.</li> <li>– Влияние массы поднимаемого груза на момент сопротивления и момент инерции, приведенных к валу двигателя.</li> <li>– Влияние массы поднимаемого груза на время пусковой и тормозной моменты, ускорение привода.</li> <li>– Влияние массы поднимаемого груза на время пуска и торможения.</li> </ul> <p><b>2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ СВОЙСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА</b></p> <p><i>Примерное задание:</i></p> <p>1. Выбрать вариант задания (задается ведущим преподавателем) и определить параметры двигателя. Технические данные двигателей постоянного тока независимого возбуждения по вариантам приведены в табл. 1.</p> <p>Для выбранного двигателя требуется провести расчеты параметров, используемые во всех пунктах задания.</p> <p>2. Задаться относительными значениями сопротивлений дополнительных резисторов, вводимых в</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>якорную цепь. Для выбранного двигателя и заданных значений резисторов рассчитать и построить:</p> <p>2.1. Естественные механическую и электромеханическую характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>2.2. Реостатные механические и электромеханические характеристики</p> <p>3. Задаться коэффициентами понижения якорного напряжения в долях от номинального. Рассчитать и построить механические и электромеханические характеристики при пониженном напряжении. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.</p> <p>4. Определить постоянную двигателя при максимальном ослаблении магнитного потока двигателя. Рассчитать и построить механическую и электромеханическую характеристики при ослабленном магнитном потоке. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.</p> <p>5. Определить величины сопротивления динамического торможения, которые обеспечивали бросок якорного тока: <math>-I_n</math> и <math>-2 \cdot I_n</math>, при начальной скорости, равной номинальной. Рассчитать и построить механические и электромеханические характеристики динамического торможения. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.</p> <p>6. Определить величину сопротивление противовключения, которое обеспечивало силовой спуск груза со скоростью, равной номинальной, при моменте сопротивления, равном номинальному и сопротивлению противовключения, которое обеспечивало бросок якорного тока <math>-2 \cdot I_n</math>, при смене полярности якорного напряжения и начальной скорости, равной номинальной.</p> <p>Рассчитать и построить естественные механическую и электромеханическую характеристики и реостатные характеристики двигателя в режиме противовключения. Для сравнения на этом же графике построить естественную характеристику, рассчитанную в п. 2.1.</p> <p>7. Проанализировать полученные результаты и сделать соответствующие выводы.</p> <p>7.1. Влияние параметров электропривода (дополнительных сопротивлений, напряжения, магнитного потока) на вид механических и электромеханических характеристик двигателя постоянного тока</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>независимого возбуждения</p> <p>7.2. Влияние сопротивления якорной цепи на величину перепада скорости и реостатные характеристики.</p> <p>7.3. Влияние напряжения питания на величину скорости идеального холостого хода, перепада скорости и механические характеристики.</p> <p>7.4. Влияние магнитного потока на скорость идеального холостого хода, перепада скорости и механические характеристики.</p> <p>7.5. Влияние сопротивления якорной цепи при динамическом торможении на величину тормозного тока и механические характеристики.</p> <p>7.6. Влияние сопротивления якорной цепи в режиме противовключения (силовой спуск груза) на величину установившейся скорости и механические характеристики.</p> <p>7.7. Влияние сопротивления якорной цепи в режиме противовключения на величину тормозного тока и механические характеристики.</p> <p>3. Расчет мощности электроприводов  <i>Примерное задание:</i>  При движении электропривода “вперед” (промежутки времени <math>t_1, t_2, t_3</math>) момент сопротивления на валу механизма равен <math>M_{c,мex}</math>, электропривод разгоняется от нуля до номинальной скорости, работает на этой скорости и тормозится до нуля.  Заданная установившаяся угловая скорость вала механизма соответствует основной (номинальной) скорости двигателя  При движении электропривода “назад” (промежутки времени <math>t_4, t_5, t_6, t_7, t_8</math>) момент сопротивления на валу механизма равен <math>M_{c,xx}</math> электропривод разгоняется от нуля до максимальной скорости за счет ослабления магнитного потока, работает на этой скорости и тормозится до нуля.  Путь вала механизма как “вперед”, так и “назад” <math>N_{об}</math> одинаков. При разгоне и торможении система управления электроприводом обеспечивает постоянство углового ускорения вне зависимости от направления движения <math>\frac{d\omega_{мex}}{dt} = const</math>.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="758 660 1500 750">Рис. 1. Тахограмма и зависимость <math>M_c = f(t)</math> проектируемого электропривода</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы электропривода» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### **а) Основная литература:**

1. Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121467> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Фролов, Ю. М. Регулируемый асинхронный электропривод : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-2177-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102251> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Васильев, Б. Ю. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства : учебник / Б. Ю. Васильев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-4420-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139295> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Фролов, Ю. М. Проектирование электропривода промышленных механизмов : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1571-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/44766> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Осипова, Н. В. Моделирование систем управления : учебно-методическое пособие / Н. В. Осипова. — Москва : МИСИС, 2019. — 50 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129045> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **в) Методические указания:**

1. Микроприводы. Руководство пользователя: методические указания к лабораторным работам. National Instruments. - 82 с.: ил. — Текст : электронный — URL: <https://newlms.magtu.ru/mod/folder/view.php?id=529123>.

2. Малиновский, А. К. Автоматизированный электропривод горных машин и установок : учебное пособие / А. К. Малиновский. — Москва : МИСИС, 2017. — 156 с. — ISBN 978-5-906846-29-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105280> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Фролов, Ю. М. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1141-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3185> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Фединцев, В. Е. Расчет мощности и выбор электродвигателей приводов общепромышленных механизмов и прокатных станов : учебно-методическое пособие / В. Е. Фединцев, Ф. И. Маняхин. — Москва : МИСИС, 2002. — 59 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116887> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
NI Developer Suite	К-118-08 от 20.10.2008	бессрочно
Windows 7	Д-1227 от 8.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017 Д-593-16 от 20.05.2016 Д-1421-15 от 13.07.2015	11.10.2021 27.07.2018 20.05.2017 13.07.2016
7 Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Лаборатория методов математического моделирования и компьютерных технологий в научных исследованиях	Лабораторный стенд «Микроприводы» National Instruments
Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Аудитории кафедры электроники и микроэлектроники (ауд. 457,458,459,460).
Компьютерный класс	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования.