

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по научно-педагогической работе ДОННТУ

А.Б. Бирюков

(подпись)

« 28 » 06 2019 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В2 АНАЛИЗ И РАСЧЁТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**  
(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
Магистерская программа: Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств  
Программа: магистратура  
Форма обучения: очная, заочная

Форма обучения:	очная	заочная
Семестр(ы)	1, 2	1, 2
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	9,5 / 342	9,5 / 342
Контактная работа (час.)	125	32
Лекции (час.)	34	8
Практические (семинарские) занятия (час.)	—	6
Лабораторные работы (час.)	85	10
Самостоятельная работа (час.), в том числе	151	264
Курсовой проект(работа) (семестр/час.)	36	44
Индивидуальное задание (кол./час.)	—	1 / 11
Контроль (экзамен/зачёт, час.)	2×экзамен, 72 (2×36)	2×экзамен, 54 (18+36)

Донецк, 2019 г.

Рабочая программа дисциплины «Анализ и расчёт электромеханических систем» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», магистерская программа «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», для 2019 года приёма по очной и заочной формам обучения.

Составитель: Полтавец Валерий Васильевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Рабочая программа **рассмотрена и утверждена** на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « 17 » 05 20 19 года № 10  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ДонНТУ по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование».

Протокол от « 17 » 05 20 19 года № 4  
Председатель \_\_\_\_\_ Кононенко А.П.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20 20 года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « 05 » 05 20 20 года № 9  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)



## 1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – освоить основы проектирования, исследования и эксплуатации электромеханических систем; приобрести навыки аппаратной и программной реализации приводов электромеханических систем с заданными характеристиками.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- общие методологические основы и принципы построения электромеханических систем;
- основные задачи исследования электромеханических систем;
- основные типы электромеханических систем;
- методы математического описания электромеханических систем;
- основы математического анализа процессов в линейных электромеханических системах;

уметь:

- выполнять проектные работы по созданию и введению в эксплуатацию электромеханических систем;
- применять математические методы для анализа общих свойств электромеханических систем;
- определять характеристики двигателей и исполнительных устройств электромеханических систем;
- рассчитывать показатели устойчивости, точности и качества электромеханических систем и их элементов;
- исследовать параметры электромеханических систем на базе современной вычислительной техники, методов и средств автоматизации исследований.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень (ОК-1);
- способность оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии (ПК-3);
- способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов (ПК-19);
- способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения (ПК-23);
- способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений (ПК-24).

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору вуза.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин:

математики, физики, теоретической механики, электротехники и электроники, теории механизмов и машин.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсового проекта по дисциплине «Анализ и расчет электромеханических систем», используются при изучении последующих дисциплин «Проектирование систем непрерывного действия», «Моделирование и имитация мехатронных систем», «Системы инструментального обеспечения автоматизированных производств», «Новые тенденции развития машиностроения», «Технологические основы обработки неметаллических материалов», прохождении производственной, учебной и преддипломной практик, прохождении государственной итоговой аттестации.

### 3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лек-ции	Практ. (се-мин.)	Ла-бор.	СР
1	2	3	4	5	6
Семестр первый/первый					
<i>Тема 1.</i> Общие сведения об электромеханических системах	16/20	2/0	—/—	6/0	8/20
<i>Тема 2.</i> Основные элементы электромеханических систем	22/21	2/1	—/—	10/2	10/18
<i>Тема 3.</i> Электромеханические преобразователи	22/21	4/1	—/—	8/0	10/20
<i>Тема 4.</i> Электромагнитный момент электромеханических преобразователей	22/21	3/1	—/—	9/2	10/18
<i>Тема 5.</i> Основные сведения об электроприводах	20/18	2/0	—/—	8/0	10/18
<i>Тема 6.</i> Механика электроприводов электромеханических систем	24/23	4/1	—/—	10/2	10/20
Курсовой проект					
Индивидуальное задание	—/11				—/11
Подготовка к экзамену	36/27				
Семестр второй/второй					
<i>Тема 7.</i> Анализ и расчёт трансформаторов	14/14	2/0	—/2	4/0	8/12
<i>Тема 8.</i> Анализ и расчёт двигателей постоянного тока	14/14	2/1	—/—	4/1	8/12
<i>Тема 9.</i> Анализ и расчёт асинхронных трёхфазных двигателей	16/18	2/1	—/2	6/1	8/14
<i>Тема 10.</i> Статические характеристики двигателей постоянного тока и вентильных двигателей	17/15	3/0	—/—	6/1	8/14
<i>Тема 11.</i> Статические характеристики асинхронных трёхфазных двигателей	16/16	2/0	—/—	6/1	8/15
<i>Тема 12.</i> Накопители энергии для электромеханических систем	14/17	2/1	—/2	4/0	8/14
<i>Тема 13.</i> Динамический и вероятностный анализ электромеханических систем	17/15	4/1	—/—	4/0	9/14

1	2	3	4	5	6
Курсовой проект	36/44				36/44
Индивидуальное задание					
Подготовка к экзамену	36/27				
Итого:	342	34/8	–/6	85/10	151/264

### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ОК-1	Тема 1, 5, 7
ПК-3	Тема 2, 12
ПК-19	Тема 4, 13
ПК-23	Тема 3, 10, 11
ПК-24	Тема 6, 8, 9

### 3.2 Лекции

#### Тема 1. Общие сведения об электромеханических системах.

Содержание темы 1:

Основные определения и назначение электромеханических систем. Процесс преобразования энергии в электромеханических системах.

Общее представление процессов в электромеханических преобразователях. Автоматические электромеханические системы и их состав.

Этапы развития автоматизированного электропривода. Функциональная схема электропривода.

Литература к теме 1: [1, 2, 3].

#### Тема 2. Основные элементы электромеханических систем.

Содержание темы 2:

Особые требования к исполнительным двигателям электромеханических систем. Достоинства и недостатки различных типов электродвигателей для электромеханических систем.

Преобразовательные устройства электромеханических систем. Способы управления электромеханическими системами.

Измерительные устройства электромеханических систем. Датчики линейных и производных от них величин. Датчики угловых и производных от них величин.

Литература к теме 2: [1, 2, 3].

#### Тема 3. Электромеханические преобразователи.

Содержание темы 3:

Исходное представление об электромеханических преобразователях и их обобщённые модели.

Структура электромеханического преобразователя. Конструктивные варианты исполнения электромеханического преобразователя.

Принципы работы электромеханического преобразователя: асинхронные двигатели, машины постоянного тока и синхронные машины.

Литература к теме 3: [1, 2, 3].

#### Тема 4. Электромагнитный момент электромеханических преобразователей.

Содержание темы 4:

Общие сведения о возникновении электромагнитного момента. Взаимодействие двух обмоток и определение результирующего момента.

Взаимодействие магнитных полей и создание момента в результате взаимодействия распределенных магнитных полей.

Определение электромагнитного момента по изменению энергии. Инженерная методика определения электромагнитного момента трёхфазных асинхронных двигателей.

Литература к теме 4: [1, 2, 3].

#### **Тема 5. Основные сведения об электроприводах.**

Содержание темы 5:

Структура автоматизированного электропривода. Типовая структурная схема автоматизированного электропривода. Типы электроприводов и движения, осуществляемые ими. Классификация электроприводов по способу распределения энергии. Схемы, достоинства и недостатки различных типов электроприводов. Классификация электроприводов по степени управляемости, по роду тока и по уровню автоматизации.

Исторический обзор развития электропривода. Формирование научных основ применения электропривода.

Литература к теме 5: [1, 2, 3].

#### **Тема 6. Механика электроприводов электромеханических систем.**

Содержание темы 6:

Статические нагрузки в электроприводах. Рабочие машины и механизмы с реактивными и активными моментами.

Уравнения движения механической части электропривода. Виды движения. Основное уравнение электропривода для вращательного и поступательного движения, его частные случаи.

Приведение моментов и сил сопротивления инерционных масс. Приведение моментов инерции к одной оси. Маховый момент электродвигателя.

Механические характеристики производственных механизмов с электроприводами. Расчет времени ускорения и замедления электропривода. Применение метода пропорций и метода конечных приращений для решения уравнения движения привода.

Литература к теме 6: [1, 2, 3].

#### **Тема 7. Расчёт трансформаторов.**

Содержание темы 7:

Назначение и области применения трансформаторов. Схемы соединения обмоток трехфазных трансформаторов. Паспортные данные трехфазных трансформаторов.

Характеристики трансформаторов. Полная схема замещения фазы трехфазного трансформатора. Построение внешней характеристики трансформатора по данным опыта короткого замыкания.

Схема замещения трансформатора при проведении опыта холостого хода. Построение зависимости КПД трансформатора от нагрузки по данным опыта холостого хода.

Литература к теме 7: [1, 2, 3].

#### **Тема 8. Расчёт двигателей постоянного тока.**

Содержание темы 8:

Назначение и области применения двигателей постоянного тока. Классификация двигателей постоянного тока и их принципиальные схемы. Серийно выпускаемые машины постоянного тока, их области использования. Паспортные данные двигателей постоянного тока.

Характеристики двигателей постоянного тока. Схема замещения электрической цепи двигателя постоянного тока. Механическая характеристика двигателя постоянного тока. Естественная и искусственные механические характеристики.

Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока.

Энергетические характеристики двигателей постоянного тока. Потребляемая и отдаваемая мощность, потери мощности.

Литература к теме 8: [1, 2, 3].

#### **Тема 9. Расчёт асинхронных трёхфазных двигателей.**

Содержание темы 9:

Назначение и области применения асинхронных двигателей. Обозначение типов асинхронных двигателей. Новые серии асинхронных двигателей. Паспортные данные трехфазных асинхронных двигателей.

Характеристики трехфазных асинхронных двигателей. Пусковая характеристика двигателя. Механическая характеристика двигателя: участок устойчивой работы двигателя. Механическая характеристика двигателя: участок неустойчивой работы двигателя.

Регулирование частоты вращения трёхфазных асинхронных двигателей.

Энергетические характеристики трёхфазных асинхронных двигателей. Потребляемая и отдаваемая мощность, потери мощности.

Литература к теме 9: [1, 2, 3, 4].

**Тема 10. Статические характеристики двигателей постоянного тока и вентильных двигателей.**

Содержание темы 10:

Статические характеристики коллекторных двигателей постоянного тока. Теоретическая основа построения механической характеристики двигателя постоянного тока.

Естественные механические характеристики двигателей постоянного тока с различным возбуждением и области применения этих двигателей. Регулирование угловой скорости коллекторных двигателей постоянного тока путем изменения сопротивления цепи якоря, путем изменения магнитного потока (тока возбуждения), путем изменения величины подводимого напряжения.

Статические характеристики и способы регулирования частоты вращения вентильных двигателей. Коммутаторы вентильных двигателей.

Литература к теме 10: [1, 2, 3, 4].

**Тема 11. Статические характеристики асинхронных трёхфазных двигателей.**

Содержание темы 11:

Статические характеристики асинхронных двигателей. Теоретическая основа построения механической характеристики асинхронного двигателя.

Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей путем изменения частоты питающего напряжения, путем изменения величины подводимого напряжения.

Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей с фазным ротором путем изменения сопротивления цепи ротора.

Литература к теме 11: [1, 2, 3, 4].

**Тема 12. Накопители энергии для электромеханических систем.**

Содержание темы 12:

Основные направления использования накопителей энергии в электромеханических системах. Классификация и основные показатели накопителей энергии различных типов и конструктивных исполнений.

Характеристики, простейшие схемы и области использования индуктивных накопителей энергии. Изменение токов и напряжений в индуктивном накопителе энергии.

Характеристики, функциональная схема и циклограммы режимов работы ёмкостных накопителей энергии. Основные конструктивные группы, сравнительная оценка и области использования конденсаторов для ёмкостных накопителей энергии.

Основные виды, удельные энергетические показатели и области использования механических накопителей энергии.

Конструктивные схемы, описание переходных процессов и характер изменения токов в электродинамических накопителях энергии.

Основные виды, принцип действия и описание процессов в электрохимических накопителях энергии. Эквивалентная схема и характеристики аккумуляторов.

Литература к теме 11: [1, 2, 3].

**Тема 12. Динамический и вероятностный анализ электромеханических систем.**

Содержание темы 12:

Типовые задачи динамического анализа электромеханических систем. Содержание анализа устойчивости электромеханических систем. Содержание анализа статических характеристик и анализа чувствительности электромеханических систем. Количественная оценка анализа чувствительности.

Общие требования к методам и алгоритмам анализа электромеханических систем. Теоретическая и экспериментальная оценка методов анализа.

Основные виды и критерии выбора численных методов решения задач анализа. Явные и неявные методы. Разновидности и характеристики итерационных и статистических методов.

Теоретические положения исследования электромеханических систем с применением вероятностного анализа. Схема решения задачи вероятностного анализа электромеханических систем.

Литература к теме 12: [1, 2, 3, 4].

### 3.3 Практические занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. (очн/заочн)	Литература
1	Расчёт характеристик трансформаторов. Построение внешней характеристики трансформатора по данным опыта короткого замыкания.	–/2	[1]
2	Построение механической характеристики асинхронного двигателя	–/2	[1, 3]
3	Расчёт характеристик и построение циклограммы режимов работы электрических накопителей энергии	–/2	[1]
Итого:		–/6	

### 3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. (очн/заочн)	Литература
1	Статические характеристики и режимы работы электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения	8/2	[1]
2	Статические характеристики и режимы работы электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения	8/2	[1]
3	Статические характеристики и режимы работы асинхронного электродвигателя с фазным ротором	8/2	[1]
4	Построение внешней характеристики трансформатора по данным опыта короткого замыкания	8/–	[1]
5	Статические характеристики и режимы работы системы «тиристорный преобразователь-электродвигатель постоянного тока независимого возбуждения»	9/–	[1]
6	Статические характеристики и режимы работы синхронного электродвигателя	8/–	[1]
7	Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	10/2	[2]
8	Регулирование частоты вращения трёхфазных асинхронных двигателей	10/2	[2]
9	Динамические характеристики электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения	8/0	[2]



10	Динамические характеристики асинхронного электродвигателя с фазным ротором	8/0	[2]
Итого:		85/10	

### 3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. (очн/заочн)
1	Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций)	40/94
2	Подготовка к лабораторным работам (не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий)	75/103
3	Подготовка к практическим занятиям (не менее 50% от объема аудиторных практических занятий)	–/12
4	Выполнение курсового проекта (36 часов)	36/44
5	Выполнение курсовой работы (27 часов)	–/–
4	Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов)	–/11
Итого:		151/264

### 3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект по дисциплине «Анализ и расчёт электромеханических систем» выполняется по следующей тематике:

1. Выбор элементов и определение параметров электромеханической системы).
2. Исследование режимов работы электромеханической системы.

Графическая часть курсового проекта включает следующие чертежи:

1) естественная и искусственные механические характеристики двигателя постоянного тока;

1) механическая характеристика асинхронного электродвигателя с фазным ротором, расчёт сопротивлений ступеней пускового реостата графическим методом;

2) механическая характеристика асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, определение времени пуска двигателя;

4) тепловая характеристика асинхронного электродвигателя, определение превышения температуры двигателя в конце времени работы электропривода.

Объем учебной нагрузки при выполнении курсового проекта – 36/44 часа.

Рекомендуемый объем пояснительной записки к курсовому проекту – не более 32 страниц формата А4 (210×297 мм).

Индивидуальное задание по дисциплине «Анализ и расчёт электромеханических систем» выполняется на следующую тематику:

1. Расчёт параметров системы управления трёхфазным асинхронным двигателем. Анализ показателей системы.

2. Расчёт параметров системы управления двигателем постоянного тока. Анализ показателей системы.

Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 0/11 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 12 страниц формата А4 (210×297 мм).

## 4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

#### *Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

#### *Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;

- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

#### **4.2 Вопросы к экзамену**

1. Основные определения, назначение и моделирование электромеханических систем.
2. Процесс преобразования энергии в электромеханических системах.
3. Основные процессы в электромеханическом преобразователе энергии.
4. Общее представление об электромеханических преобразователях.
5. Проблемы и основные подходы к моделированию электромеханических преобразователей.
6. Структура электромеханического преобразователя и варианты его конструктивного исполнения.
7. Конструктивные элементы электрической и электромагнитной части электромеханических преобразователей и выполняемые ими функции.
8. Принципы работы электромеханического преобразователя.
9. Принцип работы асинхронного двигателя.
10. Принцип работы машины постоянного тока.
11. Принцип работы синхронной машины.
12. Структура автоматизированного электропривода. Типовая структурная схема автоматизированного электропривода.
13. Классификация электроприводов по способу распределения энергии. Схемы, достоинства и недостатки различных типов электроприводов.
14. Классификация электроприводов по степени управляемости, по роду тока и по уровню автоматизации.
15. Исторический обзор развития электропривода. Формирование научных основ применения электропривода.
16. Статические нагрузки в электроприводах. Активные и реактивные силовые факторы, их примеры.
17. Общие уравнения движения электропривода и их частные случаи.
18. Математическое описание установившегося и неустойчивого движения в электроприводах.
19. Основное уравнение электропривода для вращательного и поступательного движения, его анализ.
20. Приведение моментов и сил сопротивления инерционных масс к одной оси вращения.
21. Приведение моментов инерции к одной оси вращения. Маховый момент электродвигателя и его использование.

22. Механические характеристики производственных механизмов. Виды механических характеристик и примеры их реализации в рабочих машинах.
23. Определение времени ускорения и замедления электропривода.
24. Статические характеристики коллекторных двигателей постоянного тока. Теоретическая основа построения механической характеристики двигателя постоянного тока.
25. Естественные механические характеристики двигателей постоянного тока с различным возбуждением и области применения этих двигателей.
26. Регулирование угловой скорости коллекторных двигателей постоянного тока путем изменения сопротивления цепи якоря.
27. Регулирование угловой скорости коллекторных двигателей постоянного тока путем изменения магнитного потока (тока возбуждения).
28. Регулирование угловой скорости коллекторных двигателей постоянного тока путем изменения величины подводимого напряжения.
29. Статические характеристики и способы регулирования частоты вращения вентильных двигателей. Коммутаторы вентильных двигателей.
30. Статические характеристики асинхронных двигателей. Теоретическая основа построения механической характеристики асинхронного двигателя.
31. Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей путем изменения частоты питающего напряжения.
32. Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей путем изменения величины подводимого напряжения.
33. Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей с фазным ротором путем изменения сопротивления цепи ротора.
34. Основные направления использования накопителей энергии в электромеханических системах.
35. Классификация и основные показатели накопителей энергии различных типов и конструктивных исполнений.
36. Характеристики, простейшие схемы и области использования индуктивных накопителей энергии. Изменение токов и напряжений в индуктивном накопителе энергии.
37. Характеристики, функциональная схема и циклограммы режимов работы емкостных накопителей энергии.
38. Основные конструктивные группы, сравнительная оценка и области использования конденсаторов для емкостных накопителей энергии.
39. Основные виды, удельные энергетические показатели и области использования механических накопителей энергии.
40. Конструктивные схемы, описание переходных процессов и характер изменения токов в электродинамических накопителях энергии.
41. Основные виды, принцип действия и описание процессов в электрохимических накопителях энергии. Эквивалентная схема и характеристики аккумуляторов.
42. Типовые задачи динамического анализа электромеханических систем. Содержание анализа устойчивости электромеханических систем.
43. Содержание анализа статических характеристик и анализа чувствительности электромеханических систем. Количественная оценка анализа чувствительности.
44. Общие требования к методам и алгоритмам анализа электромеханических систем. Теоретическая и экспериментальная оценка методов анализа.
45. Основные виды и критерии выбора численных методов решения задач анализа. Явные и неявные методы. Разновидности и характеристики итерационных и статистических методов.
46. Теоретические положения исследования электромеханических систем с применением вероятностного анализа. Схема решения задачи вероятностного анализа.



### 4.3 Пример экзаменационного билета

#### ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Уровень высшего профессионального образования:	магистратура (бакалавриат, специалитет, магистратура)
Направление подготовки (специальность):	15.04.02 Технологические машины и оборудование (код, название)
Профиль (магистерская программа, специализация):	Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств (название)
Семестр:	1
Учебная дисциплина:	<b>Анализ и расчёт электромеханических систем</b>

#### БИЛЕТ № 1

1. Основные определения, назначение и моделирование электромеханических систем.

2. Принцип работы асинхронного двигателя.

3. Основное уравнение электропривода для вращательного и поступательного движения, его анализ.

Утверждено на заседании кафедры	Мехатронные системы машиностроительного оборудования (наименование кафедры полностью)
Протокол	№ 1 от 30.08.2019 г.
Зав. кафедрой	Гусев В.В. (подпись) (Ф.И.О.)
Экзаменатор	Полтавец В.В. (подпись) (Ф.И.О.)

### 4.4 Критерии оценивания

В каждом билете содержатся три теоретических вопроса. Ответам на вопросы присваиваются следующие весовые коэффициенты: 0,3; 0,3 и 0,4. Сумма весовых коэффициентов равна единице.

Ответ на каждый вопрос оценивается по 100-бальной шкале. По каждому вопросу:

1) 91-100 баллов – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил умение свободно, логично, четко и ясно предоставлять грамотные, правильные ответы на поставленный вопрос с использованием терминологии и символики в необходимой логической последовательности, а также сведений из других дисциплин и знаний, приобретенных ранее; твердые практические навыки с творческим применением полученных теоретических знаний; умение использовать приобретенные знания и навыки в нестандартных ситуациях, требующих выхода на иной, более высокий уровень знаний; если в ответе приведены аргументированные выводы и заключения;

2) 81-90 баллов – выставляется, если при ответе на вопрос студент проявил высокий уровень знаний при ответе на вопрос, показал умение применять теоретические знания для решения поставленной задачи, четко владеет и применяет терминологию, умеет формулировать выводы, однако при ответе на вопросы допускает некоторые неточности, недостаточно обосновал собственную точку зрения по заданной проблеме или методике решения поставленной задачи;

3) 71-80 баллов – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил умение свободно формулировать правильные ответы на поставленные вопросы с использованием терминологии; в ответе присутствуют несущественные недостатки или нарушения последо-

вательности изложения; имеются непринципиальные ошибки в изложении материала;

4) 61-70 баллов – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил базовые знания по вопросу, однако допустил существенные ошибки при изложении материала, не смог систематизировать исходные данные и сформулировать выводы;

5) 51-60 баллов – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил владение основными положениями материала, но фрагментарно и непоследовательно дает ответы на поставленные вопросы; продемонстрировал слабое знание материала, неумение делать аргументированные выводы;

6) 0 баллов – выставляется, если при ответе на вопрос студент обнаружил незначительный общий объем знаний, показал отсутствие навыков изложения материала, по различным темам и вопросам дисциплины допустил принципиальные ошибки или совершенно не владеет терминологией из данной области знаний.

Итоговая оценка за экзамен рассчитывается как сумма произведений оценок за каждый вопрос на их весовой коэффициент.

#### **Пример расчета итоговой оценки по экзамену:**

В билете имеется три вопроса задания с весовыми коэффициентами 0,3, 0,3 и 0,4. Пусть оценки за каждый вопрос по 100-балльной шкале составили: 90, 70 и 85, соответственно. Тогда итоговая оценка по экзамену составляет:  $0,3 \cdot 90 + 0,3 \cdot 70 + 0,4 \cdot 85 = 82$  балла.

Перевод оценки из 100-балльной шкалы в государственную и ECTS осуществляется в соответствии со шкалой, приведенной в «Положении об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДОННТУ № 337-14 от 02.05.2018 г.

#### **4.5 Пример текущего опроса на лабораторных занятиях**

На примере темы «Механика электроприводов электромеханических систем».

1. Статические нагрузки в электроприводах.
2. Реактивные и активные моменты в рабочих машинах и механизмах.
3. Примеры и схемы рабочих машин с реактивными и активными моментами.
4. Виды движения механической части электропривода.
5. Уравнения движения механической части электропривода.
6. Основное уравнение электропривода для вращательного движения, его частные случаи.
7. Основное уравнение электропривода для поступательного движения, его частные случаи.
8. Методика приведения моментов инерции к одной оси.
9. Методика приведения сил сопротивления инерционных масс.
10. Маховый момент электродвигателя. Физический смысл и практическое применение.

**Текущий контроль** знаний студентов производится по результатам выполнения лабораторных работ.

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДОННТУ № 337-14 от 02.05.2018 г.

При определении уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

## 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *I Основная литература*

1. Сандалов, В.М. Моделирование электромеханических систем и технологических комплексов: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.М. Сандалов, С.Н. Трофимова. – 4,22 Мб. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 103 с. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/19/cd9030.pdf>.
2. Пятибратов, Г.Я. Моделирование электромеханических систем: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Г.Я. Пятибратов, Д.В. Барыльник. – 996 Кб. – Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т, 2013. – 103 с. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9976.pdf>.
3. Липай, Б.Р. Электромеханические системы: учебное пособие для вузов / Б.Р. Липай, А.Н. Соломин, П.А. Тыричев; под ред. С.И. Маслова. – 2-е изд., стер. – М.: МЭИ, 2011. – 351 с.

### *II Дополнительная литература*

4. Бурулько Л.К. Математическое моделирование электромеханических систем: учебное пособие. Часть 1. Математическое моделирование преобразователей электрической энергии переменного тока [Электронный ресурс] / Л.К. Бурулько; Томский политехнический университет. – 3,10 Мб. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 104 с. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9975.pdf>.

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Учебно-методические издания*

1. Однокопылов, И.Г. Электрический привод. Статика. Лабораторный практикум: учебное пособие [Электронный ресурс] / И.Г. Однокопылов, С.М. Семенов. – 1,57 Мб. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 133 с. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9974.pdf>.
2. Однокопылов И.Г. Электрический привод. Динамика. Лабораторный практикум: учебное пособие [Электронный ресурс] / И.Г. Однокопылов, С.М. Семенов. – 781 Кб. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 99 с. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9972.pdf>.

### *Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ*

3. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу «Анализ и расчёт электромеханических систем» [Электронный ресурс] / В.В. Полтавец. – Донецк: ГОУВ-ПО «ДонНТУ», 2019. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

### **Электронно-информационные ресурсы**

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.org/library>.

## 7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **7.1 Лекционные и практические занятия:**

Учебная аудитория № 6.202а, учебный корпус 6, для проведения занятий лекционного типа: (мультимедийное оборудование: ноутбук, Операционная система Microsoft Windows

XP, Libreoffice 5.3.4.(2017), проектор м/мед .EPSON-X5 XGA 2200 Ansi, экран; учебно-наглядные пособия: стенды, специализированная мебель: доска аудиторная, парты. Windows 8.1 Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.0 (лицензия GNUL GPLv3+ и MPL 2.0).

## 7.2 Лабораторные работы:

Специализированная лаборатория металлорежущих станков и робототехнических комплексов № 6.101, учебный корпус 6. для проведения лабораторных занятий: токарный станок с ЧПУ 16K20Ф3С5; токарный станок с ЧПУ 16K20Ф3РН; плоскошлифовальный станок модели 3Д711АФ11; токарно-револьверный станок 1341; токарно-револьверный автомат 1Б136; поперечно-строгальный станок 7Б35; зубодолбежный станок 5А12; зубофрезерный станок 5К32; горизонтально-фрезерный станок 6М82; заточной станок 3672; заточной станок 3В642; заточной станок 3А64; заточной станок 3В632В; заточной станок 3В652; промышленный робот «Универсал-5»; настольный манипулятор РФ-202М; генератор импульсов ШПИ-125-100М; источник технологического тока ИТТ-35; профилограф-профилометр М201; система измерительная универсальная Н338-4; отрезной ножовочный станок Н-1.

## 7.3 Выполнение курсовых проектов:

Учебная лаборатория № 6.202, учебный корпус 6, для проведения курсовых проектов: компьютер Athlon 3500/2\*512/250, компьютер Athlon 3500/512/160-4 ПК, Arduino (Лицензия GNU LGPL v2.1), GPSS World Student (Лицензия GNU LGPL v3), PascalABC.NET (Лицензия GNU LGPL v3), T-FLEX 7.2 (Лицензия GNU LGPL v3), AnyLogic (Лицензия GNU LGPL v3), Smath Studio (Лицензия GNU LGPL v3), V-Rep (Лицензия GNU LGPL v3), SciLab (Лицензия GNU LGPL v2), LibreOffice 4.3.0 (Лицензия GNU LGPL v3), Ultimaker Cura (Лицензия GNU LGPL v3), Mozilla Firefox (лицензия MPL2.0), Manjari 17 (Лицензия GNULGPLv3).

Составитель рабочей программы:

  
(подпись)

Полтавец В.В.