

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №32

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель направления
проф. д.т.н., проф.
(должность, уч. степень, звание)
А.Л. Ронжин
(подпись)
«27» мая 2019 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электрический привод»
(Название дисциплины)

Код направления	13.03.02
Наименование направления/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Электромеханика
Форма обучения	очно-заочная

Санкт-Петербург 2019 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

Доцент каф. №32, к.т.н., доцент
должность, уч. степень, звание

А.А. Мартынов
подпись, дата

А.А. Мартынов
инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«22» мая 2019 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

проф. д.т.н., проф.
должность, уч. степень, звание

А.Л. Ронжин
подпись, дата

А.Л. Ронжин
инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 13.03.02(01)

доц., к.т.н., доц.
должность, уч. степень, звание

С.В. Солёный
подпись, дата

С.В. Солёный
инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 3 по методической работе

доц., к.т.н., доц.
должность, уч. степень, звание

М.В. Бураков
подпись, дата

М.В. Бураков
инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Электрический привод» входит в образовательную программу высшего образования по направлению подготовки/ специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Электромеханика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность участвовать в проектировании электротехнических систем и их компонентов»

ПК-3 «Способность участвовать в эксплуатации электроэнергетических и электромеханических систем и комплексов»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением

- электромеханического преобразования электрической энергии в механическую энергию;
- управления электромеханическими преобразователями энергии (электрических приводов) с учетом требований рабочих машин и технологий на выбор структуры и типа электрического привода;
- расчетом основных параметров и характеристик электрических приводов;
- испытанием электрических приводов и анализом результатов испытаний.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современному электрическому приводу, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электроприводов постоянного и переменного тока. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик электрических приводов, проводить элементарные лабораторные испытания электроприводов.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способность участвовать в проектировании электротехнических систем и их компонентов	ПК-1.Д.2 подготавливает разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способность участвовать в эксплуатации электроэнергетических и электромеханических систем и комплексов	ПК-3.Д.2 знает правила и нормативные документы по эксплуатации электротехнического оборудования ПК-3.Д.3 демонстрирует знания организации технического обслуживания и ремонта электрооборудования электро-энергетических и электромеханических систем и комплексов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Теоретические основы электротехники,
- Электрические машины,
- Электромеханические и полупроводниковые преобразователи электрической энергии.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- Проектирование электроприводов,
- Электромехатроника,
- Нетрадиционная электромеханика
- Дипломное проектирование.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№7	№8
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	10/ 360	5/ 180	5/ 180
Аудиторные занятия, всего час.	136	85	51
в том числе:			
лекции (Л), (час)	51	34	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	34	
лабораторные работы (ЛР), (час)	51	17	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	72	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	152	59	93
Вид промежуточной аттестации: экзамен	Экз., Экз.	Экз.	Экз.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

№ п/п	Раздел, темы дисциплины	Л (час)	ПЗ (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7						
1	Раздел 1. ЭП как система.	2				5
2	Тема 1.1. Назначение и классификация ЭП.					
3	Тема 1.2. Уравнения Лагранжа- Максвелла II рода для электромеханической системы.					
4	Раздел 2. Механическая часть силового канала ЭП	4	6			10
5	Тема 2.1. Функциональные схемы механической части ЭП и их основные элементы	1				
6	Тема 2.2. Приведение моментов сопротивления, инерционных масс, упругих моментов диссипативных сил к одной оси.	1				

7	Тема 2.3. Статическая устойчивость ЭП.	2				
8	Раздел 3. ЭП постоянного тока.	10	8	12		15
9	Тема 3.1 Механические и регулировочные характеристики двигателей постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением	2				
10	Тема 3.2. Способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.	2				
11	Тема 3.3. Способы торможения двигателя постоянного тока	2				
12	Тема 3.4. Передаточные функции двигателя постоянного тока по скорости, моменту, углу поворота.	2				
13	Тема 3.5. Переходный процесс пуска двигателя постоянного тока в ход.	2				
14	Раздел 4. Реверсивные ЭП постоянного тока с вентильными (полупроводниковыми) преобразователями в их цепях.	4	6	5		10
15	Тема 4.1. ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.	2				
16	Тема 4.2. ЭП постоянного тока с транзисторным широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря.	2				
17	Раздел 5. Замкнутые системы электропривода постоянного тока:	10	8			10

18	Тема 5.1. ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению	2				
19	Тема 5.2. ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости;	2				
20	Тема 5.3. ЭП постоянного тока с с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по току якоря	2				
21	Тема 5.4. ЭП постоянного тока с токоограничением	2				
22	Тема 5.5. ЭП постоянного тока, замкнутый по углу поворота.	2				
23	Раздел 6. Энергетические показатели ЭП постоянного тока.	4	6			9
24	Тема 6.1. Потери мощности, коэффициент полезного действия ЭП постоянного тока.	2				
25	Тема 6.2. Коэффициент мощности тиристорного ЭП постоянного тока при различных характерах нагрузки:	2				
	Итого в семестре	34	34	17		59
Семестр 8						
26	Раздел 7. Асинхронный ЭП.	4		20		15
27	Тема 7.1. Способы регулирования скорости вращения. Тормозные режимы асинхронного привода.					
28	Тема 7.2 Регулирование скорости вращения путем регулирования напряжения, подаваемого на обмотку статора.					

29	Тема 7.3. Частотное управление АД					
30	Раздел 8. ЭП на основе вентильного двигателя.	2		8		15
31	Тема 8.1. Функциональная и принципиальная схемы вентильных двигателей					
32	Тема 8.2. Способы управления: дискретный и аналоговый.					
33	Раздел 9. Шаговый ЭП.	3		4		10
34	Тема 9.1. Типы шаговых двигателей и способы их управления.					
35	Тема 9.2. Основы методики расчета шагового ЭП.					
36	Раздел 10. Информационный канал замкнутых систем ЭП.	2				15
37	Раздел 11. Основы методики проектирования ЭП.	3				20
38	Тема 11.1. Выбор электродвигателя и передаточного отношения редуктора.					
39	Тема 11.2. Выбор вентильного преобразователя и датчиков контролируемых координат.					
40	Тема 11.3. Основы статического и динамического расчета замкнутой системы ЭП.					
41	Раздел 12. Подчиненный способ регулирования координат ЭП.	3		2		18
42	Тема 12.1. Выбор регуляторов ЭП					

	постоянного тока.					
43	Тема 12.2. Выбор регуляторов переменного тока. ЭП					
	Итого в семестре	17		34		93
	Итого	51	34	51	0	152

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1.	ЭП как система
Тема 1.1.	Предмет и цель курса «Электрический привод». Назначение и классификация ЭП. Структурная схема ЭП. Разомкнутые и замкнутые системы ЭП.
Тема 1.2.	Уравнения Лагранжа - Максвелла II рода для электромеханической системы. Вывод уравнений динамики электрической машины постоянного тока с применением уравнений Лагранжа - Максвелла II рода.
Раздел 2.	Механическая часть силового канала ЭП.
Тема 2.1.	Функциональные схемы механической части ЭП и их основные элементы. Моменты и силы сопротивления в электромеханической системе.
Тема 2.2.	Приведение моментов сопротивления, инерционных масс, упругих моментов диссипативных сил к одной оси.
Тема 2.3.	Уравнение движения ЭП. Статическая устойчивость ЭП.
Раздел 3.	ЭП постоянного тока.
Тема 3.1.	Механические и регулировочные характеристики двигателей постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением.
Тема 3.2.	Способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.
Тема 3.3.	Способы торможения двигателя постоянного тока.
Тема 3.4.	Передаточные функции двигателя постоянного тока по скорости, моменту, углу поворота.
Тема 3.5	Переходный процесс пуска двигателя постоянного тока в ход.
Раздел 4.	Реверсивные ЭП постоянного тока с вентильными (полупроводниковыми) преобразователями в их цепях.

Тема 4.1.	ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.
Тема 4.2.	ЭП постоянного тока с транзисторным широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря
Раздел 5.	Замкнутые системы электропривода постоянного тока.
Тема 5.1.	ЭП с отрицательной обратной связью по напряжению.
Тема 5.2.	ЭП с отрицательной обратной связью по скорости.
Тема 5.3.	ЭП с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по току якоря.
Тема 5.4.	ЭП постоянного тока с токоограничением.
Тема 5.5.	ЭП постоянного тока, замкнутый по углу поворота.
Раздел 6.	Энергетические показатели ЭП постоянного тока.
Тема 6.1.	Потери мощности, коэффициент полезного действия ЭП постоянного тока.
Тема 6.2.	Коэффициент мощности тиристорного ЭП постоянного тока при различных характерах нагрузки: <ul style="list-style-type: none"> - при постоянном моменте нагрузки; - при вентиляторном характере нагрузки; - при постоянстве мощности.
Раздел 7.	Асинхронный ЭП.
Тема 7.1.	Способы регулирования скорости вращения. Тормозные режимы асинхронного привода.
Тема 7.2.	Регулирование скорости вращения путем регулирования напряжения, подаваемого на обмотку статора. Механические характеристики асинхронного ЭП при управлении по каналу напряжения. Передаточная функции АД при управлении по каналу напряжения обмотки статора.
Тема 7.3.	Частотное управление АД при: <ul style="list-style-type: none"> - $\frac{U_1}{f_1} = const$; - постоянстве полного потока; - постоянстве рабочего потока; - частотно-токовым управлении; - постоянстве абсолютного скольжения; - векторном управлении АД. Передаточная функция АД при управлении по каналу частоты.
Раздел 8.	ЭП на основе вентильного двигателя.

Тема 8.1.	Функциональная и принципиальная схемы вентильных двигателей. Схемы соединения обмоток. Датчик положения ротора для двухфазного и трехфазного вентильного двигателя с числом пар полюсов $p=1$; $p=2$; $p=3$.
Тема 8.2.	Способы управления: дискретный и аналоговый. Механические и регулировочные характеристики. Передаточная функция вентильного двигателя.
Раздел 9.	Шаговый ЭП.
Тема 9.1.	Шаговый двигатель с активным ротором. Шаговый двигатель с реактивным ротором. Схемы соединения обмоток. Способы управления. Электрическое дробление шага.
Тема 9.2.	Основы методики расчета шагового ЭП.
Раздел 10.	Информационный канал замкнутых систем ЭП. Датчик тока, скорости, положения. Схемы включения датчиков положения.
Раздел 11.	Основы методики проектирования ЭП.
Тема 11.1.	Выбор электродвигателя и передаточного отношения редуктора.
Тема 11.2.	Выбор вентильного преобразователя и датчиков контролируемых координат.
Тема 11.3.	Основы статического и динамического расчета замкнутой системы ЭП.
Раздел 12.	Подчиненный способ регулирования координат ЭП.
Тема 12.1.	Выбор регуляторов ЭП постоянного тока.
Тема 12.2.	Выбор регуляторов ЭП переменного тока.
Раздел 13.	Перспектива развития ЭП.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Механическая часть силового канала ЭП		6	Раздел 2.
2	Функциональные схемы механической части ЭП и их основные элементы	Решение задач по теме		Тема 2.1
3	Приведение моментов сопротивления, инерционных масс, упругих моментов диссипативных сил к одной оси	Решение задач по теме		Тема 2.2
4	Статическая устойчивость ЭП.	Решение задач по		Тема 2.3

		теме		
5	ЭП постоянного тока.		8	Раздел 3
6	Механические и регулировочные характеристики двигателей постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением	Решение задач по теме		Тема 3.1
7	Передаточные функции двигателя постоянного тока по скорости, моменту, углу поворота.	Решение задач по теме		Тема 3.2.
8	Переходный процесс пуска двигателя постоянного тока в ход.	Решение задач по теме		Тема 3.3
9	Реверсивные ЭП постоянного тока с вентильными (полупроводниковыми) преобразователями в их цепях.		6	Раздел 4
10	ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.	Решение задач по теме		Тема 4.1
11	ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.	Решение задач по теме		Тема 4.2
12	ЭП постоянного тока с транзисторным широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря.	Решение задач по теме		Тема 4.3
13	Замкнутые системы электропривода постоянного тока.		8	Раздел 5
14	ЭП с отрицательной обратной связью по напряжению.	Решение задач по теме		Тема 5.1
15	ЭП с отрицательной обратной связью по скорости.	Решение задач по теме		Тема 5.2
16	ЭП с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по току якоря.	Решение задач по теме		Тема 5.3
17	ЭП постоянного тока с токоограничением	Решение задач по теме		Тема 5.4
18	Энергетические показатели ЭП постоянного тока.		6	Раздел 6
19	Потери мощности, коэффициент полезного действия ЭП постоянного тока.	Решение задач по теме		Тема 6.1
20	Коэффициент мощности тиристорного ЭП постоянного тока при различных характерах	Решение задач по теме		Тема 6.2

	нагрузки.			
	Итого		34	
		Всего:	34	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ /п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7			
1	Вводное занятие	2	
2	Механические характеристики двигателя постоянного тока (ДПТ)	4	Тема 3.1
3	Регулировочные характеристики ДПТ	2	Тема 3.2
4	Рекуперативное торможения ДПТ	2	Тема 3.3
5	Динамическое торможение ДПТ	2	Тема 3.3
6	Торможение ДПТ противовключением	2	Тема 3.3
8	Реостатный пуск в функции тока и в функции времени	2	Тема 3.5
10	Заключительное занятие	1	
	Итого в семестре №7	17	
Семестр 8			
1	Механические характеристики асинхронного двигателя (АД) в двигательном режиме	4	Тема 7.1
2	Механические характеристики АД в генераторном режиме	4	Тема 7.2
3	Механические характеристики АД в режиме противовключения	4	Тема 7.2
4	Механические характеристики АД в режиме динамического торможения	4	Тема 7.2
5	Исследование замкнутой по скорости системы АЭП	4	Тема 7.3
6	Исследование импульсного датчика положения и частоты	4	Тема 7.3
7	Исследование ЭП постоянного тока фирмы «Фанук»	4	Тема 4.2
8	Исследование ЭП постоянного тока ЭТ-6	4	Тема 4.2
9	Заключительное занятие	2	
	Итого в семестре №8	34	
	Всего	51	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час	Семестр 8, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)		45	78
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		5	5
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		9	10
Всего:	152	59	93

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62-83 M29	1.Мартынов А.А.. Электрический привод: учеб. пособие.–СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	70
621.313 M29	2.Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.	70
Кафедральные экземпляры	3.Косулин В.Д., Мартынов А.А. Вентильный ЭП для роботов. Учебное пособие. - М./ Издательство МАИ. 1991г.-152с.	60
Кафедральные	4.Мартынов А.А. Проектирование	60

экземпляры	электроприводов. Учебное пособие./ГУАП. СПб. 2004г.-96с.	
621.865.8 М29	5.Мартынов А.А. Вентильный ЭП роботов. Расчет и проектирование систем тиристорного ЭП. Учебное пособие./ ЛИАП. Л. 1991г.-92с.	20
Кафедральные экземпляры	6.Акопов В.С., Евсеев Е.В., Мартынов А.А. Электропривод с микропроцессорными системами управления. Учебное пособие. /ГУАП. СПб. 2016г.-124с	35
Кафедральные экземпляры	7.Мартынов А.А. Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств: учеб.-метод. пособие: в 2 ч. Ч.1. Электрический привод/ А.А. Мартынов.- СПб.: ГУАП, 2019.- 109 с.	35

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
URL:http://194.226.30/32/book.htm	Библиотека Администрации Президента РФ [Электронный ресурс]
URL:http://imin.urc.ac.ru	Виртуальные библиотеки [Электронный ресурс].
URL:http://www.rsl.ru	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс].
URL:http://web.ido.ru	Электронная библиотека [Электронный ресурс].
URL:http://gpntb.ru	Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс].
http://window.edu.ru/	Информационный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-18
2	Специализированная лаборатория	51-06-01 31-02

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.

В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	<p>Список вопросов к экзамену семестра №7:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уравнения Лагранжа-Максвелла применительно к электромеханическим системам. 2. Построение математической модели электрического привода постоянного тока на основе уравнений Лагранжа-Максвелла. 3. Типовые статические характеристики исполнительных механизмов. 4. Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока по управляющему воздействию. 5. Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока по возмущению ($M_{нр}$). 6. Приведение характеристик исполнительного механизма (J_n, M_n) к валу двигателя. 7. Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока при управлении сопротивлением цепи обмотки якоря. 8. Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока при управлении напряжением обмотки якоря 9. Динамическое торможение электропривода постоянного тока: схема, характеристики. 10. Рекуперативное торможение электропривода постоянного тока: схема, характеристики. 11. Сравнительная оценка способов регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока 12. Торможение противовключением электропривода постоянного тока: схема, характеристики. 13. Схема трехступенчатого реостатного пуска двигателя постоянного тока, расчет пусковых резисторов, электромеханическая характеристика при пуске двигателя. 14. Пуск двигателя постоянного тока в функции времени. Расчет пусковых

- реостатов и времени срабатывания реле, замыкающих ступени пускового реостата.
15. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению якоря.
16. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости.
17. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с положительной обратной связью по току якоря.
18. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по току якоря.
19. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с упреждающим токоограничением.
20. Переходный процесс прямого пуска двигателя постоянного тока. Вывод зависимостей $\omega=f(t)$ и $i_a=f(t)$.
21. Влияние соотношения постоянных времени T_M и T_Σ электропривода постоянного тока на характер переходных процессов ЭП.
22. Раздельный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока по знаку сигнала управления: схема, принцип работы, достоинства, недостатки.
23. Раздельный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока по знаку тока якоря: схема, принцип работы, достоинства, недостатки
24. Раздельный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока по знаку сигнала управления и тока якоря: схема, принцип работы, достоинства, недостатки.
25. Совместный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока: схема, принцип работы, достоинства, недостатки
26. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Несимметричный способ управления- схема, временные диаграммы, достоинства, недостатки.
27. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Симметричный способ управления- схема, временные диаграммы, достоинства, недостатки.
28. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Комбинированные (поочередный) способ управления- схема, временные диаграммы, достоинства, недостатки.
29. Коэффициент мощности электропривода постоянного тока с тиристорным преобразователем в цепи обмотки якоря.
30. Потери мощности ЭП постоянного тока, коэффициент полезного действия ЭП постоянного тока с тиристорным управлением

Список вопросов к экзамену семестра №8

1. Основной закон частотного управления асинхронного двигателя. Схема замещения АД при частотном управлении.

2. Закон частотного управления $U_1/f_1 = \text{const}$: механические характеристики, диапазон регулирования скорости вращения.
3. Частотный закон управления АД с постоянством полного потока: структурная схема, достоинства, недостатки.
4. Частотный закон управления АД с постоянством рабочего потока: структурная схема, достоинства, недостатки.
5. Частотное управление АД с постоянством абсолютного скольжения: структурная схема, достоинства, недостатки.
6. Частотно-токовое управление АД: структурная схема, достоинства, недостатки.
7. Векторное управление АД: векторная диаграмма, основные расчетные соотношения.
8. Передаточная функция АД при управлении по каналу частоты.
9. Асинхронный электропривод при регулировании скорости вращения путем изменения напряжения обмотки статора: схема, характеристики.
10. Передаточная функция АД при управлении по каналу напряжения.
11. Механический электромашинно-вентильный каскад: схема, достоинства, недостатки.
12. Электрический электромашинно-вентильный каскад: схема, достоинства, недостатки.
13. Электропривод с синхронным двигателем: схемы включения, механическая и угловая характеристики работы СД.
14. Пусковые и установившиеся режимы работы СД.
15. Расчет мощности и выбор электродвигателя при различных характеристиках нагрузки.
16. Выбор передаточного отношения редуктора при циклическом изменении характера нагрузки.
17. Выбор числа зубчатых колёс, модуля колёс, расчёт момента инерции редуктора.
18. Устройство, принцип работы вентильного двигателя.
19. Механические характеристики и передаточная функция вентильного двигателя.
20. Шаговый электродвигатель с активным ротором-устройство, принцип работы, способы уменьшения шага.
21. Шаговый электродвигатель с реактивным ротором-устройство, принцип работы, формула определения шага.
22. Вентильно-индукторный двигатель: устройство, принцип работы, характеристики.
23. Компенсационная схема измерителей рассогласования на потенциометрах: схемы, коэффициент передачи.
24. Каскадная схема измерителей рассогласования на потенциометрах: схемы, коэффициент передачи.
25. Компенсационная и каскадная схемы измерителей рассогласования на вращающихся трансформаторах: схемы, коэффициент передачи.
26. Каскадная схема измерителей рассогласования на вращающихся трансформаторах: схемы, коэффициент передачи.
27. Принцип подчинённого регулирования. Выбор передаточной функции регулятора при

$$W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p} .$$

	28.Выбор передаточной функции регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p + 1}$.
--	---

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета
	Учебным планом не предусмотрено

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов										
	<p>Тест №1: Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения двигателя постоянного тока Ω:</p> $\Omega = \frac{2\pi f}{p_n}(1 - s); \quad (1)$ $\Omega = \frac{U_{я} - I_{я} R_{яц}}{C_e \Phi} \quad (2)$ $\Omega = \frac{2\pi f}{p_n}; \quad (3)$ $\Omega = \frac{U_{я}}{C_e \Phi}. \quad (4)$ <p>где $U_{я}$ –напряжение якоря; $I_{я}$ –ток якоря; $R_{я}$ – сопротивление обмотки якоря; f – частота питающей сети; s - скольжение.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Тест №2:</p>	Номер ответа	Номер формулы	1	2	2	3	3	1	4	4
Номер ответа	Номер формулы										
1	2										
2	3										
3	1										
4	4										

Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения асинхронного двигателя Ω :

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_n}(1-s); \quad (1)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{яц}}}{C_e \Phi} \quad (2)$$

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_n}; \quad (3)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}}}{C_e \Phi}. \quad (4)$$

где $U_{\text{я}}$ –напряжение якоря;

$I_{\text{я}}$ –ток якоря;

$R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря;

f – частота питающей сети;

s - скольжение.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	3
3	2
4	4

Тест №3:

Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения синхронного двигателя Ω :

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_n}(1-s); \quad (1)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{яц}}}{C_e \Phi} \quad (2)$$

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_n}; \quad (3)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}}}{C_e \Phi}. \quad (4)$$

где $U_{\text{я}}$ –напряжение якоря;

$I_{\text{я}}$ –ток якоря;

$R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря;

f – частота питающей сети;

s - скольжение.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №4:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента инерции нагрузки J'_H при вращательном движении нагрузки:

$$J'_H = \frac{J_H}{i_p^2}; \quad (1)$$

$$J'_H = \frac{J_H}{i_p}; \quad (2)$$

$$J'_H = J_H i_p^2; \quad (3)$$

$$J'_H = m \rho^2 = m \left(\frac{v_{u.o}}{\Omega} \right)^2; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

J_H – момент инерции нагрузки;

$v_{u.o}$ – линейная скорость перемещения исполнительного органа рабочего механизма массой m .

ρ - радиус приведения.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №5:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента инерции нагрузки J'_H при поступательном перемещении нагрузки:

$$J'_H = \frac{J_H}{i_p^2}; \quad (1)$$

$$J'_H = \frac{J_H}{i_p}; \quad (2)$$

$$J'_n = J_n i_p^2; \quad (3)$$

$$J'_n = m \rho^2 = m \left(\frac{v_{u.o}}{\Omega} \right)^2; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

J_n – момент инерции нагрузки;

$v_{u.o}$ – линейная скорость перемещения исполнительного органа рабочего механизма массой m .

ρ – радиус приведения.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №6:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента нагрузки M'_n при вращательном движении нагрузки:

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p^2}; \quad (1)$$

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p}; \quad (2)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho \eta; \quad (3)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho / \eta; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

M_c – статический момент нагрузки;

η_p – коэффициент полезного действия редуктора;

ρ – радиус приведения.

$F_{u.o}$ – усилие развиваемое исполнительным органом.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	3
3	2
4	4

Тест №7:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента нагрузки M'_n при

поступательном движении нагрузки вверх (при подъеме груза):

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p^2}; \quad (1)$$

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p}; \quad (2)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho \eta; \quad (3)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho / \eta; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

M_c – статический момент нагрузки;

η_p – коэффициент полезного действия редуктора;

ρ – радиус приведения.

$F_{u.o}$ – усилие развиваемое исполнительным органом.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №8:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента нагрузки M'_n при поступательном движении нагрузки вниз (при спуске груза):

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p^2}; \quad (1)$$

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p}; \quad (2)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho \eta; \quad (3)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho / \eta; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

M_c – статический момент нагрузки;

η_p – коэффициент полезного действия редуктора;

ρ – радиус приведения.

$F_{u.o}$ – усилие развиваемое исполнительным органом.

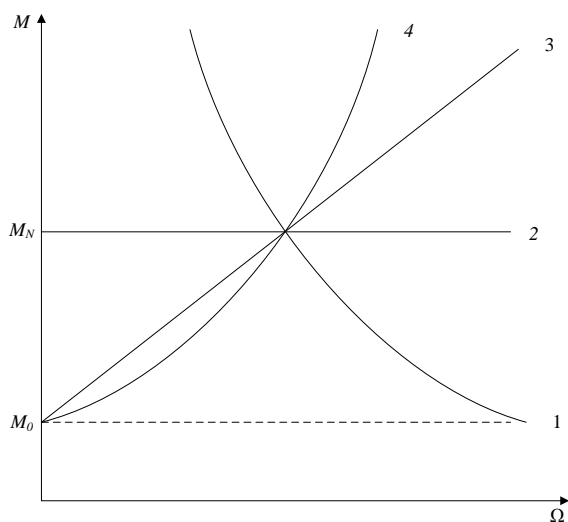
Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1

4

4

Тест №9:

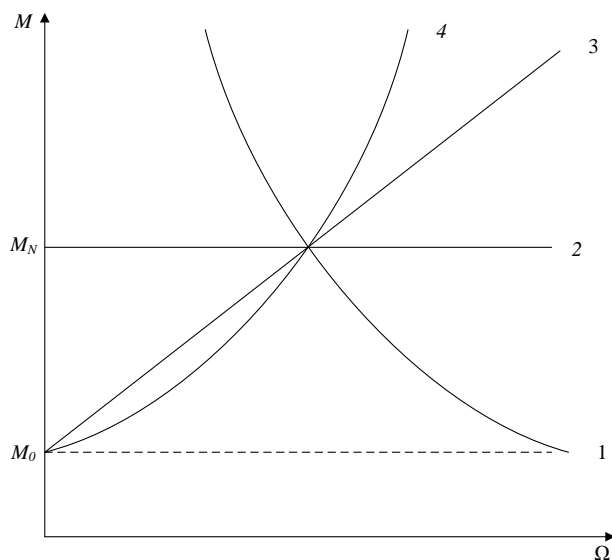
На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «сухое трение»:



Номер ответа	Номер характеристики
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №10:

На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «вязкое трение»:



Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Лекционный материал в полном объеме излагается в лекционной аудитории согласно расписанию. Для более полного и глубокого ознакомления студентов с материалами лекции, ее электронная версия размещается в Личном кабинете в разделе «Материалы».

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование,

имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);

– в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

Требования к проведению практических занятий

При проведении практических занятий преподаватель должен придерживаться следующего плана:

- изложить суть практического занятия и методику его выполнения;
- выдать индивидуальное задание каждому студенту группы;
- контролировать активность студентов в процессе выполнения задания;
- проверить результат выполнения задания и оценить полноту и качество выполнения по балльно-рейтинговой системе;
- отметить в журнале посещения персональное присутствие студентов;
- провести консультации по пропущенным темам практических занятий;
- проверить результаты самостоятельного освоения материала по пропущенным темам.

11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Студенты разбиваются на подгруппы, по 3-4 человека. Перед проведением лабораторной работы обучающимся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающиеся должны подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен включать в себя: титульный лист, формулировку задания, теоретические положения, используемые при выполнении лабораторной работы, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты и выводы.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации».

Отчеты следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017 и ГОСТ 2.105-2019:

- ГОСТ 7.32-2017 – СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- ГОСТ 2.105-2019 – ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

Список использованных источников необходимо оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.100-2018:

- ГОСТ 7.0.100-2018 – Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

Ссылка на правила оформления курсового проекта размещена на сайте ГУАП.
URL: <https://guap.ru/standart/doc>.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Система оценок при проведении текущего контроля успеваемости осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и

промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой