

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	15.03.06 Мехатроника и робототехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Мехатроника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	экз.
4	8	3	108	52	26	0	26	56	0	18	38	диф. зач.
ВСЕГО		6	216	103	60	17	26	113	0	18	95	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

15.03.06 Мехатроника и робототехника

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА  
Коротков Евгений Борисович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Кафедра И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА  
Савельев Борис Николаевич, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1.1 — Способен составлять математические модели, производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули

ПК-1.2 — Способен участвовать в подготовке технико-экономического обоснования создания проектов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных узлов с использованием современных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1.1**

умения:

решения задач проектирования мехатронных устройств и систем управления с электромеханическими и гидромеханическими исполнительными элементами и приводами;;

### **ПК-1.2**

знания:

о составе, принципах действия, устройстве, характеристиках электромеханических и гидромеханических исполнительных элементов и приводов мехатронных и робототехнических систем;;

умения:

разработать расчетные схемы, математические модели, провести расчет схем приводов;

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.06 Мехатроника и робототехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ПРИВОДЫ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-11 — Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-1.1	ПК-1.2
4	7	<b>Раздел 1. Регулируемые приводы с двигателями постоянного тока (ДПТ).</b> 1.1 Режимы работы и область допустимых режимов работы ДПТ. Математические модели и динамические характеристики ДПТ. 1.2. Силовые устройства управления ДПТ. 1.3. Функциональные схемы и динамические модели электромеханической трансмиссии, 1.4. Функциональные схемы построения приводов подчиненного регулирования.	16	6	6	0	0	10	10	10
4	7	<b>Раздел 2. Электрические приводы с синхронными двигателями (СД).</b> 2.1 Вентильный привод с синхронными двигателями. Компоненты вентильного привода. 2.2. Электромеханические преобразователи БДПТ. Статические и динамические характеристики. 2.3. Безредукторный моментный электропривод. 2.4. Система управления вентильных приводов. Векторное управление СД. Алгоритмы управления, контроллеры..	19	6	6	0	0	13	10	10
4	7	<b>Раздел 3. Приводы на базе асинхронных двигателей.</b> 3.1. Принцип действия, конструкция и основные разновидности АД. Возможности управления. 3.2. Режимы работы и механические характеристики АД. 3.3. Математическое описание обобщенной асинхронной машины. 3.4. Управление АД. Инверторы и контроллеры асинхронных приводов. Векторное управление АД. 3.5. Математические модели систем асинхронного привода. Асинхронные исполнительные двигатели. 3.6. Частотно регулируемые приводы SEV Eurodrive, Mitsubishi и др.	23	10	6	4	0	13	10	10
4	7	<b>Раздел 4. Электрические приводы с шаговыми двигателями (ШД).</b> 4.1.Определение. Классификация. Устройство. Принцип действия шаговых двигателей. Режимы работы, параметры и характеристики ШД. 4.2. Схемы управления ШД. Контроллеры и драйверы для ШД в модульном и интегральном исполнении. 4.3. Области применения и перспективы развития шагового привода.	14	6	6	0	0	8	10	10
4	7	<b>Раздел 5. Состав гидравлических приводов роботов.</b> 5.1. Основные конструктивные элементы гидравлического привода. Гидравлические схемы. 5.2. Регулируемые и нерегулируемые гидронасосы роботов и манипуляторов. 5.3. Направляющая, регулирующая гидроаппаратура.	17	10	6	4	0	7	10	10
4	7	<b>Раздел 6. Общие принципы построения гидроприводов как системы.</b> 6.1. Классификация гидроприводов. Гидропривод с регулированием по отклонению, возмущению. Комбинированное управление. 6.2. Обоснование и выбор типа гидронасоса. 6.3. Влияние объемных и гидромеханических потерь на работу привода.	19	13	4	9	0	6	10	10
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	0	57	60	60
4	8	<b>Раздел 7. Регулирование скорости гидроприводов.</b> 7.1. Способы регулирования скорости гидропривода. Основные элементы, их характеристики. 7.2. Дроссельное и объемное регулирование приводов роботов. 7.3. Структурные и принципиальные схемы дроссельного и объемного регулирования. 7.4. Математические модели и основы расчета гидропривода.	20	8	4	0	4	12	10	10
4	8	<b>Раздел 8. Силовые элементы управления гидроприводом.</b> 8.1. Состав, назначение, типовые схемы, математические модели силовых элементов систем управления. 8.2. Электрогидравлические усилители (ЭГУ). 8.3. Гидронасосы с ограничителем мощности. Гидронасосы с управлением по давлению. 8.4. Примеры типовых гидроприводов роботов.	22	10	6	0	4	12	10	10
4	8	<b>Раздел 9. Энергетика привода. Выбор двигателя и силовых устройств управления.</b> 9.1. Кинематика и математические модели механической части приводов с учетом силовых и координатных возмущений. 9.2. Расчет и выбор типа и параметров исполнительного двигателя. Примеры расчета.	24	12	6	0	6	12	10	10
4	8	<b>Раздел 10. Разработка структурных и функциональных схем силовых устройств управления приводами.</b> 10.1. Расчет и выбор силовых устройств управления (схем автоматического управления в функции времени, элементов силовой электроники). 10.2.Взаимосвязанные системы управления движением звеньев манипулятора.	24	14	6	0	8	10	5	5
4	8	<b>Раздел 11. Разомкнутые и замкнутые электромеханические и гидравлические системы.</b> 11.1.Принцип подчиненного (многоконтурного) регулирования. 11.2. Примеры разработки структурных и функциональных схем подчиненного регулирования мехатронных и робототехнических устройств.	18	8	4	0	4	10	5	5
Всего за 8 семестр			108	52	26	0	26	56	40	40
Всего по дисциплине			216	103	60	17	26	113	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
<b>Всего за 7 семестр</b>			0
1	Раздел 7. Регулирование скорости гидроприводов.	Разработка структурных и принципиальных схем гидропривода с дроссельным регулированием. Определение требуемых параметров гидроаппаратуры	4
2	Раздел 8. Силовые элементы управления гидроприводом.	Разработка структурных и принципиальных схем гидропривода с объемным регулированием. Решение задач по формированию гидросистем приводов	4
3	Раздел 9. Энергетика привода. Выбор двигателя и силовых устройств управления.	Кинематика и математические модели механической части приводов с учетом силовых и координатных возмущений.	2
4		Расчет и выбор типа и параметров исполнительного двигателя. Примеры расчета.	4
5	Раздел 10. Разработка структурных и функциональных схем силовых устройств управления приводами.	Расчет и выбор схем автоматического управления в функции времени, элементов силовой электроники.	4
6		Взаимосвязанные системы управления движением звеньев манипулятора.	4
7	Раздел 11. Разомкнутые и замкнутые электромеханические и гидравлические системы.	Примеры разработки структурных и функциональных схем подчиненного регулирования мехатронных и робототехнических устройств.	4
<b>Всего за 8 семестр</b>			26

#### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Приводы на базе асинхронных двигателей.	Исследование асинхронного привода с частотным управлением на лабораторном стенде Sew Eurodrive.	4
2	Раздел 5. Состав гидравлических приводов роботов.	Экспериментальное исследование гидропривода с дроссельным регулированием скорости исполнительных гидроцилиндров и гидромоторов	4

3	Раздел 6. Общие принципы построения гидроприводов как системы.	Экспериментальное исследование многодвигательных гидросистем с дроссельным регулированием на стендах «Фесто»	5
4		Исследование гидросистем с пропорциональным управлением на стендах «Фесто»	4
<b>Всего за 7 семестр</b>			17
<b>Всего за 8 семестр</b>			0

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Регулируемые приводы с двигателями постоянного тока (ДПТ).	Подготовка к лекциям	10
2	Раздел 2. Электрические приводы с синхронными двигателями (СД).	Подготовка к лекциям	13
3	Раздел 3. Приводы на базе асинхронных двигателей.	Подготовка к лекциям и лабораторной работе	13
4	Раздел 4. Электрические приводы с шаговыми двигателями (ШД).	Подготовка к лекциям	8
5	Раздел 5. Состав гидравлических приводов роботов.	Подготовка к лекциям и лабораторной работе	7
6	Раздел 6. Общие принципы построения гидроприводов как системы.	Подготовка к лекциям и лабораторным работам	6
<b>Всего за 7 семестр</b>			57
7	Раздел 7. Регулирование скорости гидродвигателей.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям	12
8	Раздел 8. Силовые элементы управления гидроприводом.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям	12
9	Раздел 9. Энергетика привода. Выбор двигателя и силовых устройств управления.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям	12
10	Раздел 10. Разработка структурных и функциональных схем силовых устройств управления приводами.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям	10
11	Раздел 11. Разомкнутые и замкнутые электромеханические и гидравлические системы.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям	10
<b>Всего за 8 семестр</b>			56

### 3.5. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Этап 1. Выбор функциональной схемы привода. Расчет и выбор основных элементов привода: механической передачи, двигателя и устройств управления.	1 - 4	3
Этап 2. Этап 2. Построение математических моделей узлов и разомкнутого привода. Моделирование работы привода в заданных режимах. Разработка электрической схемы разомкнутого привода.	5 - 9	5
Этап 3. Этап 3. Оформление пояснительной записки. Подготовка к защите и защита курсовой работы	10 - 12	10
<b>Всего за 8 семестр</b>		18

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7				ВРЗД, КР		ДР		Отч. по ЛР	КР	ДР	ВРЗД	Отч. по ЛР, КР		Отч. по ЛР		ДР	
8				КР		ДР			КР	ДР		КР	диф. зач.				

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- КР – курсовая работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Н. Сова, О. И. Трифонова, Г. О. Трифонова. . Гидропневмосистемы робототехнического комплекса. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
2. В. А. Королёв, С. М. Стажков. . Гидравлические усилители. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 45 экз.
3. Г. О. Трифонова, О. И. Трифонова. . Гидропневмопривод: следящие системы приводов. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
4. Е. Б. Коротков, Ю. В. Лычагин. . Исследование привода Sew-Eurodrive на базе преобразователя частоты MOVIDRIVE®. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 37 экз.
5. Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. . Следящие приводы промышленного технологического оборудования. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
6. Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. Следящие приводы промышленного технологического оборудования. СПб.: Лань, 2015, эл. рес.
7. Е. М. Овсянников. . Электрический привод. М.: Форум, 2011, 13 экз.
8. Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. . Электропривод. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
9. С. Г. Герман-Галкин. . Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. СПб.: КОРОНА-Век, 2008, эл. рес.
10. С. М. Стажков, М. В. Михайлов, В. А. Копычев. . Компоненты пропорциональной гидравлики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 74 экз.
11. Т. В. Артемьева, Т. М. Лысенко, А. Н. Румянцева. . Гидравлика и гидропневмопривод. М.: Академия, 2014, 45 экз.
12. Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982, 139 экз.
13. Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982, эл. рес.
14. Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. . Электропривод переменного тока. Томск: ТПУ, 2015, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Автоматизация процессов управления.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Установка учебного гидравлического стенда фирмы «Фесто» с комплектом гидроаппаратуры;
2. Установка учебного пневматического стенда фирмы «Фесто» с комплектом пневмоавтоматики;
3. Стенд с оборудованием: промышленный робот RV-2AJ фирмы MITSUBISHI ELECTRIC, контроллер ПЛК FX2N-5A, контроллер ПЛК ALFA 2A, асинхронный привод DR160, привод с шаговым двигателем.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **15.03.06 Мехатроника и робототехника**. Дисциплина реализуется на факультете **И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ"** им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.1 Способен составлять математические модели, производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули;

ПК-1.2 Способен участвовать в подготовке технико-экономического обоснования создания проектов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных узлов с использованием современных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с общими принципами построения электроприводов и гидроприводов как целостной системы, механикой приводов, структурой приводов роботов-манипуляторов, составом, устройством и назначением компонентов приводов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**60 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**113 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 103 ч. аудиторных занятий, и 113 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Регулируемые приводы с двигателями постоянного тока (ДПТ).</b>		
Подготовка к лекциям	Е. М. Овсянников. . Электрический привод: М.: Форум, 2011 (Гл. 3, 4) Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. . Следящие приводы промышленного технологического оборудования: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Гл. 3) Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. Следящие приводы промышленного технологического оборудования: СПб.: Лань, 2015 (Гл. 1-2)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Электрические приводы с синхронными двигателями (СД).</b>		
Подготовка к лекциям	Е. М. Овсянников. . Электрический привод: М.: Форум, 2011 (Гл. 6) Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. . Электропривод: Москва: Юрайт, 2020 (Гл. 1 -3)	13
Итого по разделу 2		13
<b>Раздел 3. Приводы на базе асинхронных двигателей.</b>		
Подготовка к лекциям и лабораторной работе	Е. М. Овсянников. . Электрический привод: М.: Форум, 2011 (Гл. 2, 5) Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. . Электропривод переменного тока: Томск: ТПУ, 2015 (Гл. 3) Е. Б. Коротков, Ю. В. Лычагин. . Исследование привода Sew-Eurodrive на базе преобразователя частоты MOVIDRIVE®: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (Все главы)	13
Итого по разделу 3		13
<b>Раздел 4. Электрические приводы с шаговыми двигателями (ШД).</b>		
Подготовка к лекциям	Е. М. Овсянников. . Электрический привод: М.: Форум, 2011 (Гл. 6) Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. Следящие приводы промышленного технологического оборудования: СПб.: Лань, 2015 (Гл. 3)	8
Итого по разделу 4		8
<b>Раздел 5. Состав гидравлических приводов роботов.</b>		
Подготовка к лекциям и лабораторной работе	Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: М.: Машиностроение, 1982 (Гл. 22)	7
Итого по разделу 5		7
<b>Раздел 6. Общие принципы построения гидроприводов как системы.</b>		
Подготовка к лекциям и лабораторным работам	Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: М.: Машиностроение, 1982 (Гл. 24) Т. В. Артемьева, Т. М. Лысенко, А. Н. Румянцева. . Гидравлика и гидропневмопривод: М.: Академия, 2014 (Гл. 11, 12) С. М. Стажков, М. В. Михайлов, В. А. Копычев. . Компоненты пропорциональной гидравлики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 1, 2)	6
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Регулирование скорости гидродвигателей.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Г. О. Трифонова, О. И. Трифонова. . Гидропневмопривод: следящие системы приводов: Москва: Юрайт, 2022 (Гл. 2, 3) Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: М.: Машиностроение, 1982 (Гл. 23) С. М. Стажков, М. В. Михайлов, В. А. Копычев. . Компоненты пропорциональной гидравлики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 4)	12
Итого по разделу 7		12
<b>Раздел 8. Силовые элементы управления гидроприводом.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям	В. А. Королёв, С. М. Стажков. . Гидравлические усилители: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Гл.1-3) Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: М.: Машиностроение, 1982 (Гл. 25) С. М. Стажков, М. В. Михайлов, В. А. Копычев. . Компоненты пропорциональной гидравлики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 4, 5)	12
Итого по разделу 8		12
<b>Раздел 9. Энергетика привода. Выбор двигателя и силовых устройств управления.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Е. М. Овсянников. . Электрический привод: М.: Форум, 2011 (Гл. 9, 10)	12
Итого по разделу 9		12
<b>Раздел 10. Разработка структурных и функциональных схем силовых устройств управления приводами.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям	С. М. Стажков, М. В. Михайлов, В. А. Копычев. . Компоненты пропорциональной гидравлики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 4, 5) А. Н. Сова, О. И. Трифонова, Г. О. Трифонова. . Гидропневмосистемы робототехнического комплекса: Москва: Юрайт, 2022 (1-3)	10

	С. Г. Герман-Галкин. . Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК: СПб.: КОРОНА-Век, 2008 (Гл. 5)	
	Итого по разделу 10	10
<b>Раздел 11. Разомкнутые и замкнутые электромеханические и гидравлические системы.</b>		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Е. М. Овсянников. . Электрический привод: М.: Форум, 2011 (Гл. 2)	
	Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: М.: Машиностроение, 1982 (Гл. 26)	10
	Итого по разделу 11	10

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- курсовая работа;
- экзамен;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы по разделу

- Приведены в УМК дисциплины

#### Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном или электронном виде. Защита отчета проходит в форме ответов на вопросы преподавателя. Критерием выполнения работы является достоверность результатов и правильные ответы на более чем 70% вопросов преподавателя по содержанию работы.

#### Курсовая работа

Темы курсовых работ (по вариантам):

1. Проектирование привода антенны.
2. Проектирование привода стабилизированной платформы.
3. Проектирование привода подъемного звена робота- манипулятора.

Пояснительная записка к курсовой работе должна быть оформлена в соответствии с Положением о КП и КР, принятом в БГТУ "ВОЕНМЕХ".

При защите курсовой работы студент должен правильно ответить более чем на 75% вопросов преподавателя. При сдаче в срок и правильном оформлении оценка – отлично. Оценка может быть снижена на балл при сдаче после назначенного срока и (или) при небрежном оформлении.

#### Экзамен

Экзамен проводится в устной или письменной форме, включает в себя ответы на теоретические вопросы. Для допуска к экзамену необходимо выполнение и защита всех лабораторных работ. Билет содержит два вопроса. Оценка отлично - за полный и правильный ответ на оба вопроса. Если ответ неполный – оценка хорошо. За полный и правильный ответ на один вопрос – оценка удовлетворительно, в противном случае - неудовлетворительно.

#### Дифференцированный зачет

Оценка может быть поставлена с учётом всех оценок по дисциплине либо по результатам сдачи зачёта в устной форме –отлично- при 90% ( и более) правильных ответов, хорошо – при 80% и удовлетворительно – при 70%.

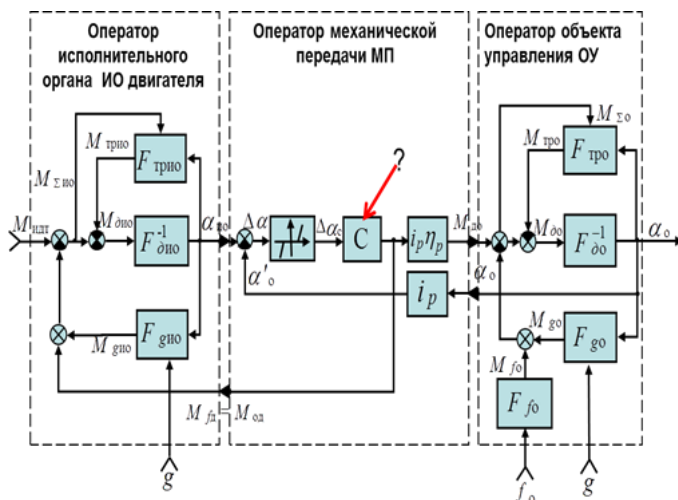
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-1.1	ПК-1.2	
4	7	Раздел 1. Регулируемые приводы с двигателями постоянного тока (ДПТ).	16	6	6	0	0	10	10	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 2. Электрические приводы с синхронными двигателями (СД).	19	6	6	0	0	13	10	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 3. Приводы на базе асинхронных двигателей.	23	10	6	4	0	13	10	10	Отчет по ЛР
4	7	Раздел 4. Электрические приводы с шаговыми двигателями (ШД).	14	6	6	0	0	8	10	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 5. Состав гидравлических приводов роботов.	17	10	6	4	0	7	10	10	Отчет по ЛР
4	7	Раздел 6. Общие принципы построения гидроприводов как системы.	19	13	4	9	0	6	10	10	Отчет по ЛР
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	0	57	60	60	
4	8	Раздел 7. Регулирование скорости гидродвигателей.	20	8	4	0	4	12	10	10	Вопросы по разделу
4	8	Раздел 8. Силовые элементы управления гидроприводом.	22	10	6	0	4	12	10	10	Вопросы по разделу
4	8	Раздел 9. Энергетика привода. Выбор двигателя и силовых устройств управления.	24	12	6	0	6	12	10	10	Курсовая работа
4	8	Раздел 10. Разработка структурных и функциональных схем силовых устройств управления приводами.	24	14	6	0	8	10	5	5	Курсовая работа
4	8	Раздел 11. Разомкнутые и замкнутые электромеханические и гидравлические системы.	18	8	4	0	4	10	5	5	Курсовая работа
Всего за 8 семестр			108	52	26	0	26	56	40	40	
Всего по дисциплине			216	103	60	17	26	113	100	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**ПК-1.1** - Способен составлять математические модели, производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какое свойство механической передачи от исполнительного органа двигателя к объекту управления отображает в приведенной структурной схеме механической передачи указанный элемент?



№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Дайте определение следящего гидропривода.

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Последовательность элементов гидропривода с машинным (объемным) управлением при прохождении энергии от трёхфазной электросети до объекта управления в двигательных режимах работы

Номер элемента	Элемент
1	Приводной двигатель
2	Исполнительный гидродвигатель
3	Регулируемый гидронасос
4	Механическая передача

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Последовательность режимов работы объемного гидромотора при постоянных управляющих воздействиях и плавном изменении момента нагрузки от отрицательного номинального момента до момента нагрузки большего момента короткого замыкания

Номер режима	Режим
1	торможение противовключением
2	рекуперативное торможение
3	режим холостого хода
4	режим короткого замыкания
5	двигательный режим

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

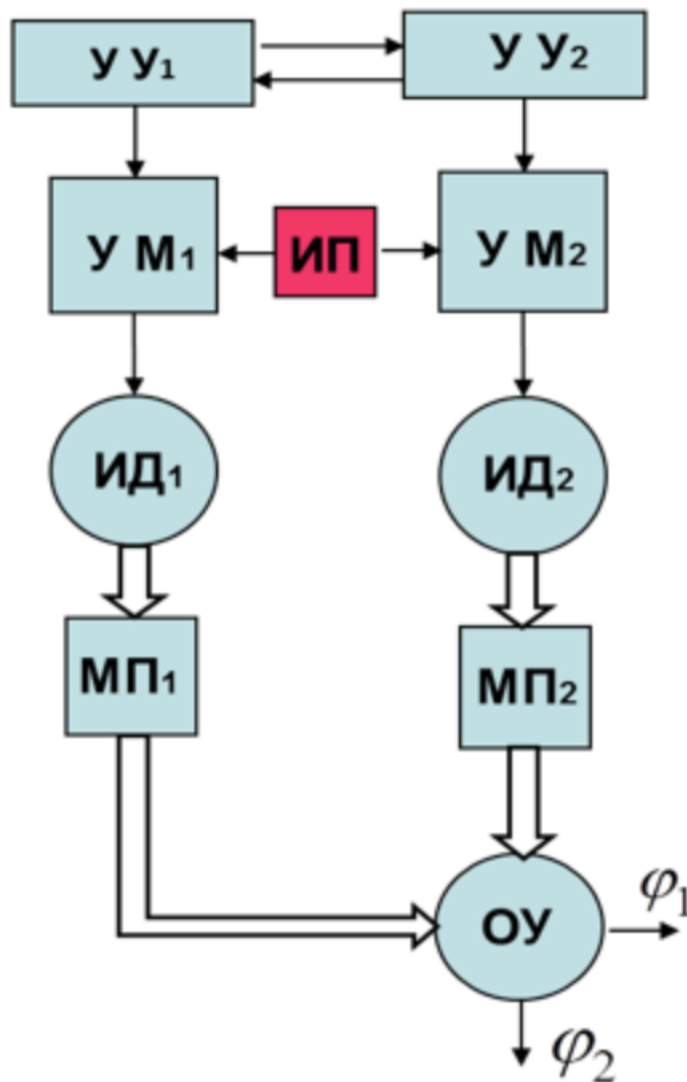
Объект	Параметр
насосный гидроусилитель	нерегулируемый дроссель
усилитель "сопло-заслонка" с одним источником давления	положительное перекрытие
золотниковый гидроусилитель	параметр регулирования

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Объект	Элемент
аксиально-поршневой гидродвигатель с наклонным диском	кардан
аксиально-поршневой гидродвигатель с наклонным блоком	опорная поверхность статора
радиально-поршневой	плунжер

- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Каким из способов может быть рассчитан объемный КПД гидронасоса:
- 1- как отношение теоретического расхода гидронасоса к расходу на его штуцерах
  - 2 - как отношение расхода на его штуцерах к теоретическому расходу гидронасоса
  - 3 - как отношение расхода утечек гидронасоса к расходу на его штуцерах
  - 4 - как отношение разности теоретического расхода и расхода утечек гидронасоса к теоретическому расходу
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
В какой точке на плоскости « $\Omega$ -Ми» пересекаются механические характеристики объемного гидродвигателя при уменьшении объемного КПД гидромашины в процессе износа?
- 1 В точке, соответствующей режиму короткого замыкания гидродвигателя.
  - 2 В точке, соответствующей номинальному режиму работы гидродвигателя.
  - 3 В точке, соответствующей режиму идеального холостого хода работы гидродвигателя.
  - 4 В точке, соответствующей режиму реального холостого хода работы гидродвигателя.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Как изменяются скорость холостого хода и пусковой момент нерегулируемого гидромотора (без учета системы ограничения давления в его рабочих камерах) при уменьшении расхода рабочей жидкости на его штуцерах?
- 1 Скорость холостого хода и пусковой момент гидромотора уменьшаются.
  - 2 Скорость холостого хода и пусковой момент гидромотора увеличиваются.
  - 3 Скорость холостого хода уменьшается, а пусковой момент увеличивается.
  - 4 Скорость холостого хода увеличивается, а пусковой момент уменьшается
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из гидрообъемных машин могут быть регулируемы:
- 1 аксиально-поршневые с наклонным блоком
  - 2 аксиально-поршневые с наклонным диском
  - 3 радиально-поршневые однократного действия
  - 4 радиально-поршневые многократного действия
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из перечисленных гидроприводов являются приводами дроссельного регулирования:
- 1 гидропривод с машинным (объемным) управлением
  - 2 гидропривод с золотниковым гидроусилителем
  - 3 гидропривод с гидроусилителем типа "сопло-заслонка"
  - 4 гидропривод с гидроусилителем типа "струйная трубка"
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
У какого типа дроссельного гидроусилителя (без учета перетечек в нем) регулировочная характеристика имеет зону нечувствительности при малых значениях управляющего воздействия?
- 1 Золотникового гидроусилителя с положительным перекрытием,
  - 2 Золотникового гидроусилителя с отрицательным перекрытием,
  - 3 Гидроусилителя типа «сопло-заслонка» с источником постоянного давления ,
  - 4 Гидроусилителя типа «сопло-заслонка» с двумя источниками постоянного расхода.
- ПК-1.2 - Способен участвовать в подготовке технико-экономического обоснования создания проектов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных узлов с использованием современных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники**
- № 1 Прочитайте текст и установите соответствие  
К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.
- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1 – групповой электропривод         | а – механическая передача с несколькими входными валами и одним выходным валом |
| 2 – индивидуальный электропривод    | б – механическая передача с одним входным валом и несколькими выходными валами |
| 3 – многодвигательный электропривод | в – механическая передача с одним входным валом и одним выходным валом         |
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Дайте определение следящего электропривода
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой тип привода по схеме построения силовой части изображен на рисунке?





Условные обо:

УУ – устройство у  
 УМ – усилитель м  
 ИП -- источник пи  
 ИД – исполнитель  
 МП – механическа  
 ОУ – объект управ  
 $\varphi_i$  – регулируема  
 движения О  
 i-той оси.

1. Многокоординатный привод

2. Дифференциальный привод

3. Многодвигательный привод

4. Групповой привод

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какое из перечисленных устройств обобщенной схемы автоматического привода входит в состав его информационной части (подсистемы)?

1. Исполнительный двигатель

2. Усилительно-преобразовательное устройство (усилитель мощности)

3. Управляющее устройство

4. Устройство сопряжения исполнительного двигателя с объектом управления (механическая передача)

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Дайте определение **электропривод с подчиненным регулированием координат** - ...

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие параметры оценивает наблюдатель состояния при бездатчиковом методе векторного управления синхронным приводом

1. Фазные токи машины

2. Положение вала машины

3. Противов-ЭДС машины

4. Скорость вала машины

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Задайте последовательность блоков обратной связи системы векторного регулирования скорости вращения синхронного привода:

Номер блока

1 Преобразователь координат ABC-dq

2 Датчики токов

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Задайте последовательность блоков прямой цепи системы векторного регулирования скорости вращения синхронного привода:

Номер блока	
1	Формирователь задающих токов $I_{dq}$
2	Широтно-импульсный преобразователь
3	Преобразователь координат dq-ABC
4	Регулятор скорости
5	Регуляторы токов

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какое из перечисленных устройств обобщенной схемы автоматического привода входит в состав его энергетической части (подсистемы)?

- 1 Управляющее устройство
- 2 Усилительно-преобразовательное устройство (усилитель мощности)
- 3 Устройство измерений
- 4 Устройство сопряжения (вторичная аппаратура датчиков)

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

От каких перечисленных параметров зависит электромагнитный момент трехфазной синхронной машины с неявнополюсным ротором при ве

- 1 Момент нагрузки на валу привода
- 2 Количество пар полюсов машины
- 3 ток по оси  $q$   $i_q$
- 4 Скорость вращения вала привода

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какой способ обеспечивает пуск реактивного синхронного двигателя и достижение режима синхронизма?

- 1 Плавное увеличение амплитуды питающего напряжения.
- 2 Плавное увеличение частоты питающего напряжения.
- 3 Установка в роторе двигателя обмотки типа «беличья клетка».
- 4 Разгон ротора двигателя до синхронной скорости внешним двигателем.

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

1 – Стабилизирующий электропривод	а – датчик регулируемой переменной объекта управления
2 – Программно-управляемый электропривод	б – датчик возмущающих воздействий
3 – Следящий электропривод	в – программно-задающее устройство