

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 «___» _____ 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: 2024

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:

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

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

умения:

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

ПСК-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		ПСК-1.1	ПСК-1.2
4	7	Раздел 1. Регулируемые приводы с двигателями постоянного тока (ДПТ). 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	
4	7	Раздел 2. Электрические приводы с синхронными двигателями (СД). 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	Раздел 3. Приводы на базе асинхронных двигателей. 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	Раздел 4. Электрические приводы с шаговыми двигателями (ШД). 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	Раздел 5. Состав гидравлических приводов роботов. 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	Раздел 6. Общие принципы построения гидроприводов как системы. 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	Раздел 7. Регулирование скорости гидроприводов. 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	Раздел 8. Силовые элементы управления гидроприводом. 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	Раздел 9. Энергетика привода. Выбор двигателя и силовых устройств управления. 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	Раздел 10. Разработка структурных и функциональных схем силовых устройств управления приводами. 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	Раздел 11. Разомкнутые и замкнутые электромеханические и гидравлические системы. 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

№	Номер и наименование раздела	Тема практического занятия	Объем,
---	------------------------------	----------------------------	--------

п/п	дисциплины		ауд. часов
Всего за 7 семестр			0
1	Раздел 7. Регулирование скорости гидродвигателей.	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
Всего за 8 семестр			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
Всего за 7 семестр			17
Всего за 8 семестр			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

Всего за 7 семестр			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
Всего за 8 семестр			56

3.5. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 0. Этап 1. Выбор функциональной схемы привода. Расчет и выбор основных элементов привода: механической передачи, двигателя и устройств управления.	1 - 4	3
Этап 0. Этап 2. Построение математических моделей узлов и разомкнутого привода. Моделирование работы привода в заданных режимах. Разработка электрической схемы разомкнутого привода.	5 - 9	5
Этап 0. Этап 3. Оформление пояснительной записки. Подготовка к защите и защита курсовой работы	10 - 12	10
Всего за 8 семестр		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		ДР		Отч. по ЛР		ДР	ВРЗД	Отч. по ЛР		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. Румянцев. . 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/> — 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 - 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*:

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

ПСК-1.2 способность участвовать в подготовке технико-экономического обоснования создания проектов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных устройств с использованием современных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, 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.
Раздел 1. Регулируемые приводы с двигателями постоянного тока (ДПТ).		
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
Раздел 2. Электрические приводы с синхронными двигателями (СД).		
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
Раздел 3. Приводы на базе асинхронных двигателей.		
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
Раздел 4. Электрические приводы с шаговыми двигателями (ШД).		
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
Раздел 5. Состав гидравлических приводов роботов.		
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
Раздел 6. Общие принципы построения гидроприводов как системы.		
Подготовка к лекциям и	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	6

лабораторным работам	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)	
Итого по разделу 6		6
Раздел 7. Регулирование скорости гидродвигателей.		
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) Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов. . Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: М.: Машиностроение, 1982 (Гл. 23) Г. О. Трифонова, О. И. Трифонова. . Гидропневмопривод: следящие системы приводов: Москва: Юрайт, 2022 (Гл. 2, 3)	12
Итого по разделу 7		12
Раздел 8. Силовые элементы управления гидроприводом.		
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
Раздел 9. Энергетика привода. Выбор двигателя и силовых устройств управления.		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям	Е. М. Овсянников. . Электрический привод: М.: Форум, 2011 (Гл. 9, 10)	12
Итого по разделу 9		12
Раздел 10. Разработка структурных и функциональных схем силовых устройств управления приводами.		
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) С. Г. Герман-Галкин. . Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК: СПб.: КОРОНА-Век, 2008 (Гл. 5)	10
Итого по разделу 10		10
Раздел 11. Разомкнутые и замкнутые электромеханические и гидравлические системы.		
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%.

Паспорт фонда оценочных средств

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		ПСК-1.1	ПСК-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	

Критерии оценивания

ПСК-1.1

Вопросы открытого типа:

- № 1 Привод, в состав которого входит гидравлический механизм, в котором рабочая среда находится под давлением, с одним или более объемными гидродвигателями называется
- № 2 Гидропривод с автоматическим управлением, в котором регулируемый параметр выходного звена изменяется по определенному закону в зависимости от внешнего воздействия, значение которого заранее неизвестно называется
- № 3 Гидропривод с автоматическим управлением, в котором регулируемый параметр движения выходного звена поддерживается постоянным
- называется
- № 4 Гидропривод с автоматическим управлением, в котором регулируемый параметр движения выходного звена изменяется
- по заранее заданной программе называется
- № 5
- Какое значение характерного размера W должен иметь гидромотор гидропривода при максимальном моменте нагрузки $M_n=200\text{нм}$, максимальном перепаде давления гидроаппаратуры управления $P_{упр}=30\text{Мпа}$, механическом КПД гидромотора $\eta_{\text{мех}} = 0.95$ и пренебрежимо малом гидравлическом КПД гидромотора ?**
- № 6 Общий КПД гидромотора равен объемного, механического и гидравлического КПД.
- № 7 Теоретический расход управляемого расходом на штуцерах гидродвигателя является сигналом обратной связи по движения его вала.
- № 8 Какое свойство механической передачи от исполнительного органа двигателя к объекту управления отображает в приведенной структурной схеме механической передачи указанный элемент?

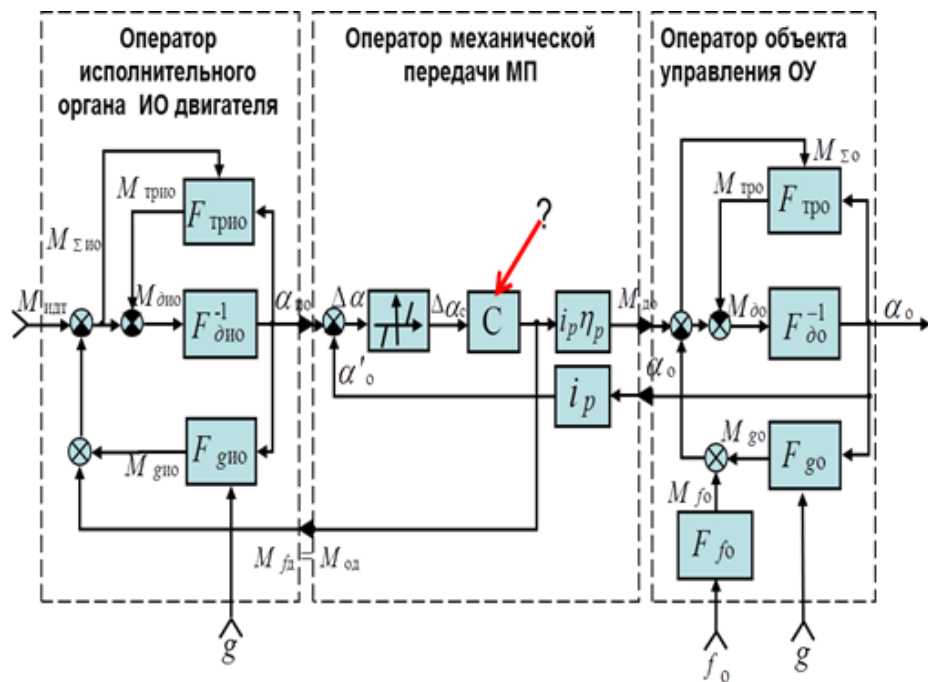


Рис. Структурная схема системы «ИО – МП – ОУ» при механической передаче с упругой деформацией элементов и зазорами

№ 9 Чему равна функция Лагранжа в уравнениях Лагранжа второго рода?
 № 10

Чему равна кинетическая энергия E_k двухмассовой механической системы при моментах инерции масс $J_1=0.1\text{кгм}^2$, $J_2=10\text{кгм}^2$, передаточном числе соединяющего их редуктора $i=10$ и скорости вращения первой массы на его быстроходном валу $\Omega_1=100\text{рад/с}$? Инерционность элементов редуктора пренебрежимо мала.

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Что понимается под термином «объемный гидродвигатель»?
- 1 Объемная гидромашина, предназначенная для преобразования энергии потока рабочей среды в механическую энергию выходного звена.
 - 2 Объемная гидромашина, преобразующая энергию одного потока рабочей среды в энергию другого потока с изменением значения давления.
 - 3 Объемная гидромашина, преобразующая энергию одного потока рабочей среды в энергию другого потока без изменения значения давления.
 - 4 Объемная гидромашина, преобразующая расход потока рабочей жидкости в момент или усилие на выходном звене.

№ 2

Каким выражением определяется теоретический расход Q_T регулируемой объемной гидромашины?

1 $Q_T = WU\Omega,$

где Ω - частота вращения вала гидромашины;

W – характерный размер гидромашины;

U – параметр регулирования.

2 $Q_T = WU\Delta P,$

где ΔP – перепад давления в рабочих камерах гидромашины.

3 $Q_T = WUM_{и},$

где $M_{и}$ - индикаторный момент гидромашины.

4 $Q_T = WM_{и}\Omega.$

Каким выражением определяется индикаторный момент M_i объемной регулируемой гидромашины?

1 $M_i = WU\Delta P,$

где W – характерный размер гидромашины;

U – параметр регулирования ;

ΔP – перепад давления в рабочих камерах гидромашины.

2 $M_i = WQ_T\Delta P,$

где Q_T – теоретический расход гидромашины.

3 $M_i = WU\Omega,$

где Ω - частота вращения вала гидромашины.

4 $M_i = WUQ_T$

Какое из выражений соответствует понятию «механический КПД» гидродвигателя?

1 $\eta_{мех} = 1 - \frac{M_{тр}}{M_{в}};$

2 $\eta_{мех} = \frac{M_{в} - M_{тр}}{M_{в}};$

3 $\eta_{мех} = \frac{M_{и}}{M_{в}};$

4 $\eta_{мех} = 1 - \frac{M_{тр}}{M_{и}},$

где $M_{и}$ – индикаторный момент гидродвигателя;

$M_{в}$ – полезный момент на валу гидродвигателя;

$M_{тр}$ - момент трений в гидромашине.

Какое из выражений соответствует понятию «объемный КПД» гидромотора?

$$1 \quad \eta_{об} = 1 - \frac{Q_y}{Q_{ш}};$$

$$2 \quad \eta_{об} = \frac{Q_T - Q_y}{Q_T};$$

$$3 \quad \eta_{об} = \frac{Q_T}{Q_{ш}};$$

$$4 \quad \eta_{об} = \frac{Q_{ш} - Q_y}{Q_{ш}}.$$

где Q_T – теоретический расход гидромотора,

$Q_{ш}$ – расход на штуцерах гидромотора;

Q_y – расход утечек в гидромоторе.

- № 6 Какая из объемных гидромашин не может быть регулируемой?
- 1 Аксиально-поршневая гидромашинa с наклонным диском,
 - 2 Аксиально-поршневая гидромашинa с наклонным блоком,
 - 3 Радиально-поршневая гидромашинa многократного действия,
 - 4 Радиально-поршневая гидромашинa однократного действия.
- № 7 В каком режиме работает гидромотор при скорости вращения вала большей скорости идеального холостого хода?
- 1 Динамического торможения.
 - 2 Двигательном.
 - 3 Торможения противовключением.
 - 4 Рекуперативного торможения.
- № 8 Какому динамическому звену соответствует передаточная функция объемного гидродвигателя при управлении скоростью вращения его вала расходом на штуцерах?
- 1 Реальному дифференцирующему звену.
 - 2 Пропорциональному звену второго порядка.
 - 3 Пропорциональному звену второго порядка с форсированием.
 - 4 Реальному интегрирующему звену.
- № 9 Какому динамическому звену соответствует передаточная функция насосного гидропривода (гидромеханической передачи) от скорости вала гидронасоса до скорости вала гидромотора?
- 1 Пропорциональному звену второго порядка.
 - 2 Реальному дифференцирующему звену.

- 3 Пропорциональному звену второго порядка с форсированием.
4 Реальному интегрирующему звену.
- № 10 По какому основному параметру из номинальных данных двигателя выбирают типоразмер требуемого исполнительного двигателя привода?
- 1 По номинальному моменту (усилию);
 - 2 По номинальной мощности;
 - 3 По номинальной скорости движения;
 - 4 По пусковому моменту (усилию) двигателя.

ПСК-1.2

Вопросы открытого типа:

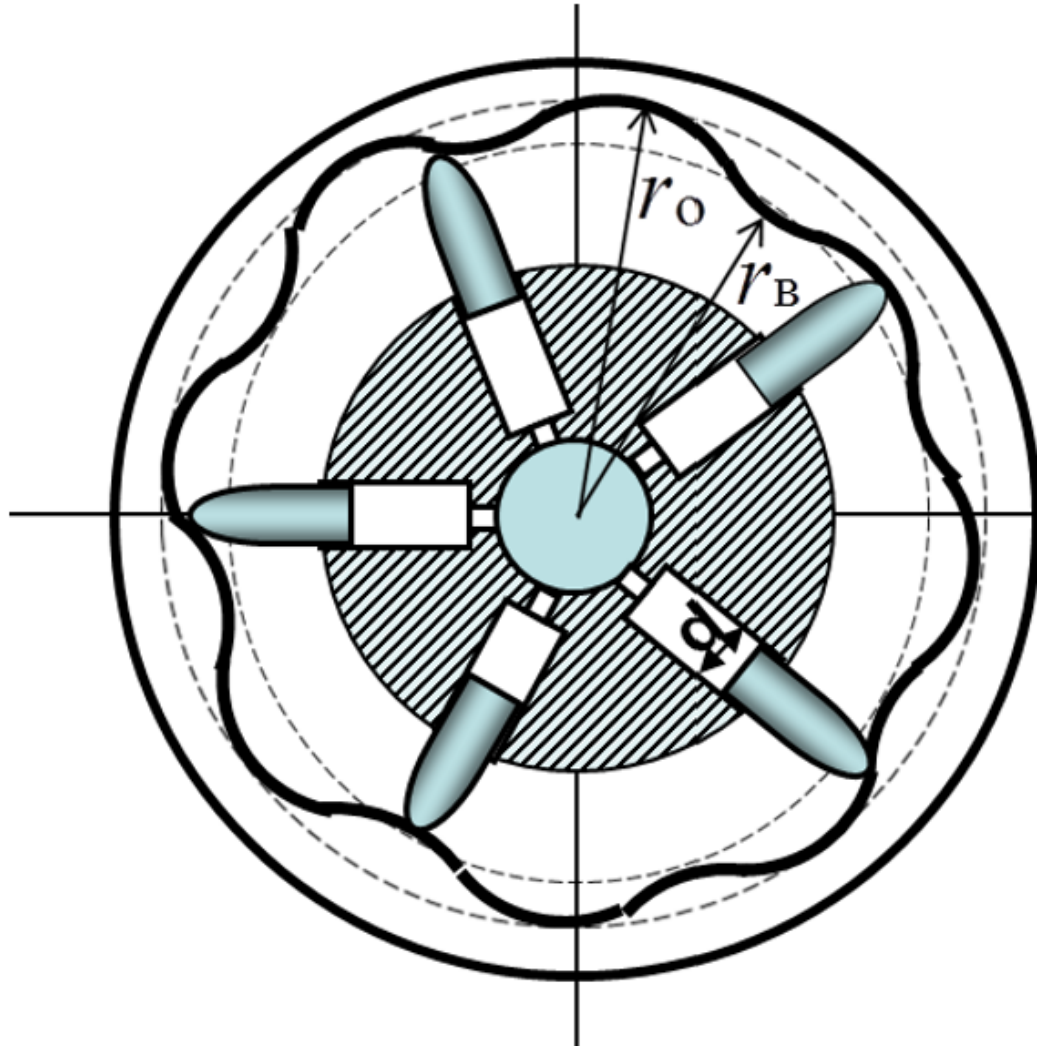
- № 1 Объемный гидродвигатель с возвратно-поступательным движением выходного звена называется
- № 2

К какому типу по схеме построения силовой (энергетической) части относится привод ковша представленного на рисунке автопогрузчика?

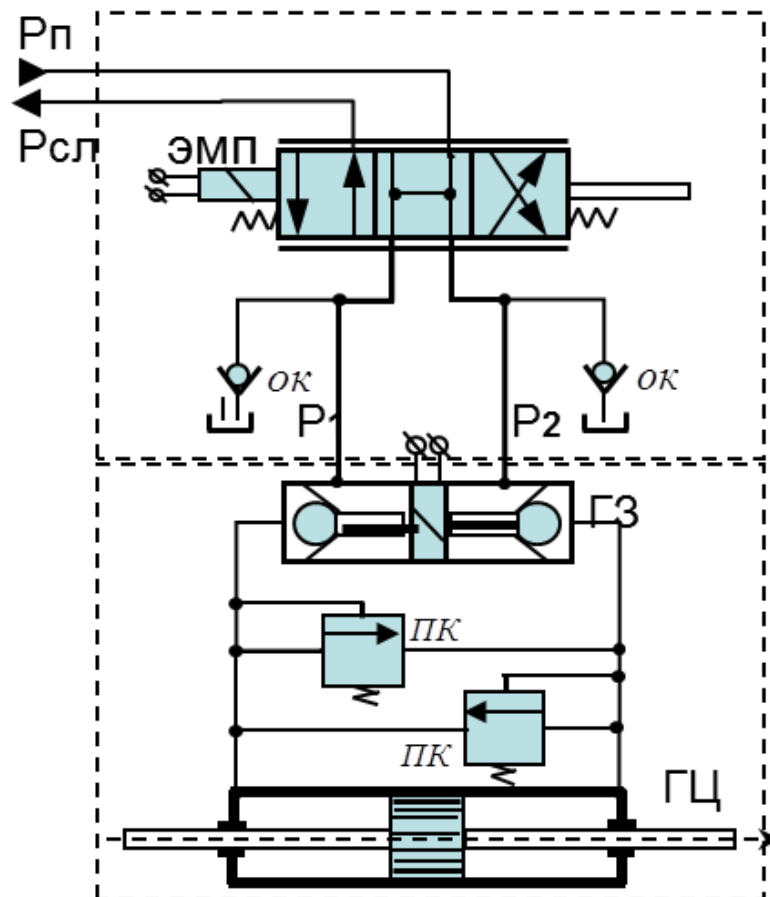


- № 3 Привод, в котором один исполнительный двигатель обеспечивает движение нескольких исполнительных органов рабочей машины (нескольких ОУ) называется.....
- № 4

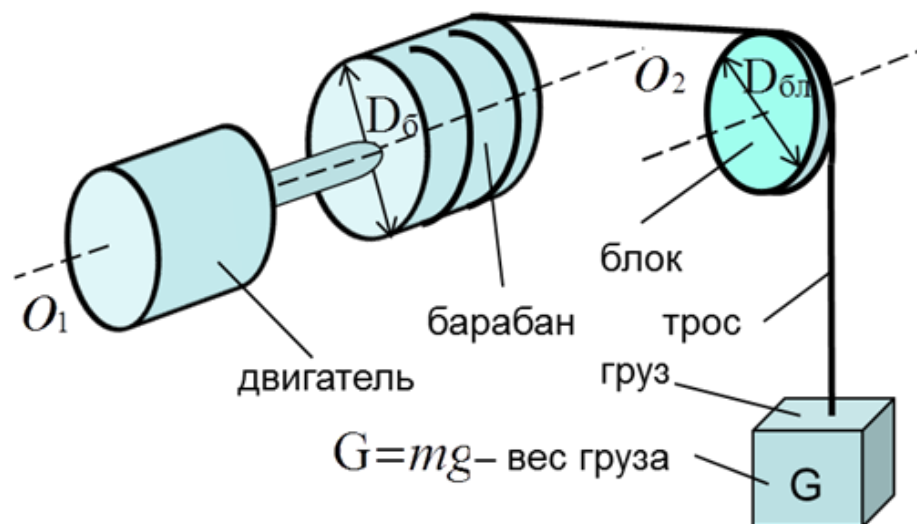
Чему равен характерный размер W радиально-поршневой гидромашины многократного действия, расчетная схема которой представлена на рисунке, при $r_o = 12\text{см}$, $r_B = 10\text{см}$, $d = 1\text{см}$?



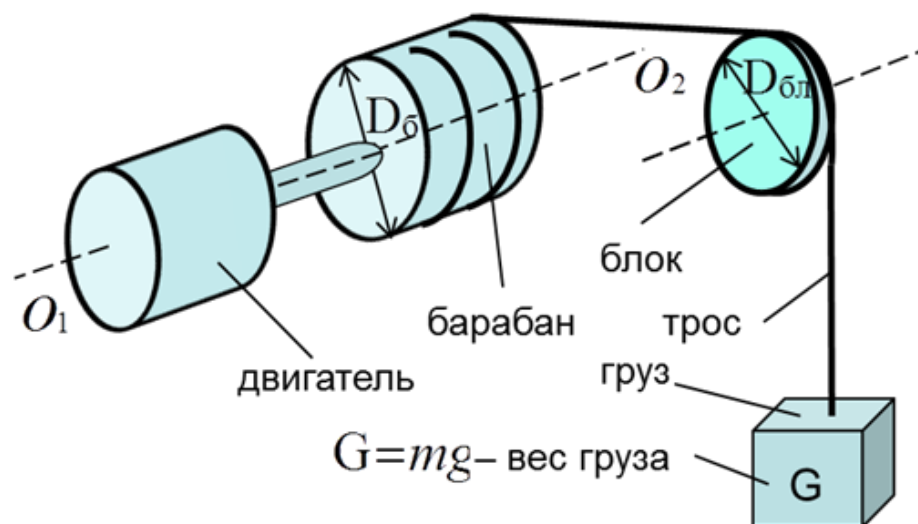
- № 5 Чему равна номинальная мощность на валу исполнительного двигателя привода, выраженная через ее обобщенные сопряженные координаты?
- № 6 Гидропривод с управлением, в котором управление параметром движения выходного звена осуществляется регулируемым насосом или регулируемым гидромотором или обеими объемными гидромашинами, это
- № 7 С каким автоматическим управлением гидропривод, гидравлическая схема которого представлена на рисунке?



№ 8 В каком режиме работает вращающийся барабан двигателя представленного на рисунке привода при опускании груза с постоянной скоростью? (Указать конкретный тормозной режим.)



№ 9 Какой момент M_n нагрузки создается на оси двигателя представленного на рисунке привода при подъеме груза массой $m=10\text{ кг}$ с постоянной скоростью, если $D_b=0.1\text{ м}$, а КПД тросовой передачи $\eta=0.96$?



№ 10 В каком режиме торможения электродвигатель потребляет энергию от источника питания?
Вопросы закрытого типа:

№ 1 Как называется привод, обеспечивающий перемещение и установку объекта управления в заданное положение?

- 1 Скоростной привод.
- 2 Позиционный привод.
- 3 Моментный привод.
- 4 Привод ускорения.

№ 2

Какой принцип управления реализован в системе гидропривода, обобщенная схема которого представлена на рисунке?

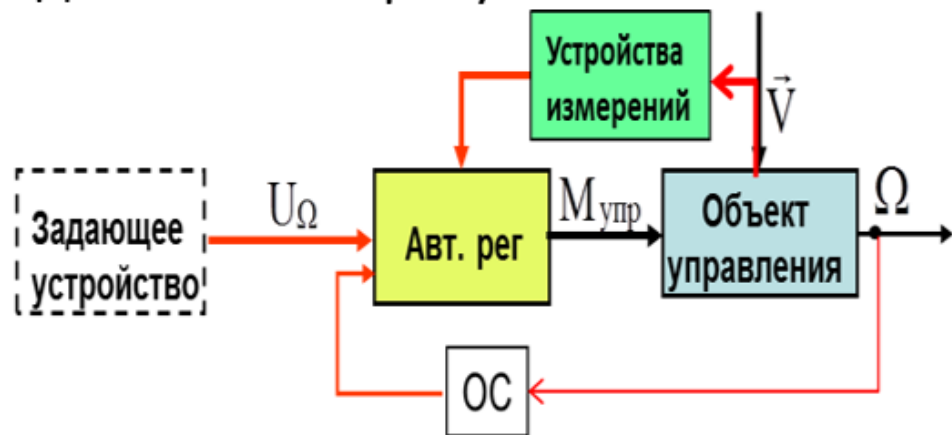


Рисунок Обобщенная схема гидропривода с автоматическим управлением.

Где U_{Ω} - сигнал задаваемой скорости движения объекта управления (ОУ);

\vec{V} - возмущающие воздействия на объект управления;

Ω - скорость движения объекта управления привода (регулируемая переменная)

$M_{упр}$ - момент управления (управляющее воздействие на ОУ привода).

1 Принцип комбинированного управления.

2 Принцип управления по задающему воздействию.

3 Принцип управления по возмущающему воздействию.

4 Принцип управления по отклонению.

Какой принцип управления реализован в системе гидропривода, обобщенная схема которого представлена на рисунке?

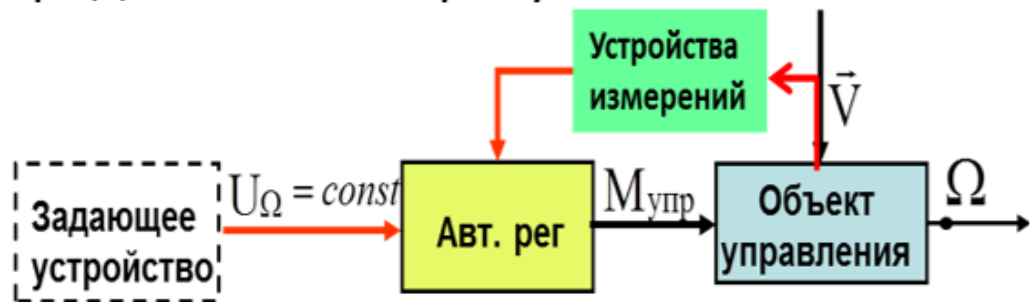


Рисунок 1

где $U_{\Omega} = const$ - сигнал задаваемой скорости движения объекта управления (ОУ);
 \vec{V} - возмущающие воздействия на объект управления;
 Ω - скорость движения объекта управления привода (регулируемая переменная);
 $M_{упр}$ - момент управления (управляющее воздействие на ОУ привода).

1 Принцип комбинированного управления.

2 Принцип управления по задающему воздействию.

3 Принцип управления по возмущающему воздействию.

4 Принцип управления по отклонению.

№ 4 Какое из перечисленных устройств следящего гидропривода входит в состав его информационной части (подсистемы)?

- 1 Исполнительный гидродвигатель;
- 2 Усилительно-преобразовательное устройство (гидроусилитель мощности);
- 3 Устройство измерения регулируемой переменной;
- 4 Устройство сопряжения исполнительного двигателя с объектом управления (механическая передача).

№ 5 Какое из перечисленных устройств следящего гидропривода входит в состав его энергетической части (подсистемы)?

- 1 Управляющее устройство;
 - 2 Усилительно-преобразовательное устройство (гидроусилитель мощности);
 - 3 Устройство измерений;
 - 4 Устройство сопряжения (вторичная аппаратура датчиков).
- № 6 Как изменяются скорость холостого хода и пусковой момент регулируемого гидромотора (без учета системы ограничения давления в его рабочих камерах) при постоянном расходе на штуцерах и уменьшении значения параметра регулирования?
- 1 Скорость холостого хода и пусковой момент гидромотора уменьшаются.
 - 2 Скорость холостого хода увеличивается, а пусковой момент гидромотора уменьшается.
 - 3 Скорость холостого хода и пусковой момент гидромотора увеличиваются. 4 Скорость холостого хода уменьшается, а пусковой момент гидромотора увеличивается.
- № 7 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.
- № 8 В какой точке на плоскости « Ω -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 В каких режимах работает гидромотор привода с автоматической системой управления, обеспечивающей дискретное изменение управляющего воздействия на двигатель, при реализации приведенной на рисунке диаграммы торможения объекта нагрузки?
- № 10 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.