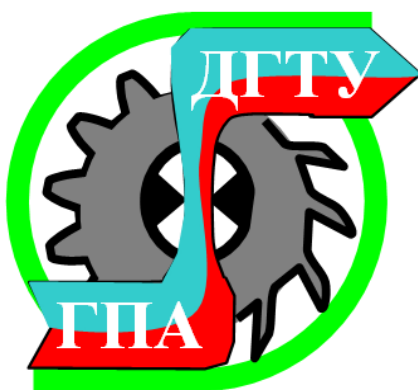


В.С. Сидоренко, С.В. Ракуленко  
М.С. Полешкин, Д.Д. Медведев

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по дисциплине  
«Гидропривод и средства автоматики»



г. Ростов-на-Дону

2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В.С. Сидоренко, С.В. Ракуленко, М.С. Полешкин, Д.Д. Медведев

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по дисциплине  
«Гидропривод и средства автоматики»

г. Ростов-на-Дону

2023

УДК 621.651.69(07)

С34

*Рецензенты:*

кандидат технических наук, доцент *А.В. Анисимов*

кандидат технических наук, доцент *В.И. Антоненко*

**Сидоренко В.С.**

С34 Лабораторный практикум по дисциплине «Гидропривод и средства автоматизации» [Электронный ресурс] / В.С. Сидоренко, С.В. Ракуленко, М.С. Полешкин, Д.Д. Медведев; Дон. гос. техн. ун-т. – Электрон. текстовые дан. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2023. – 113 с. – Режим доступа: <http://www.ntb.donstu.ru/content/2015243>. – ЭБС ДГТУ, по паролю.

ISBN 978-5-7890-1036-5

Даны методические рекомендации к лабораторным работам по основным разделам дисциплины «Гидропривод и средства автоматизации»: изучение элементной базы, принципы работы, способы и средства управления гидроприводом, методы расчета и построения основных характеристик гидросистем. Приведены краткие теоретические сведения, а также вопросы для самостоятельной подготовки.

Предназначен студентам очной и заочной форм обучения по направлению 141100 «Энергетическое машиностроение» и 222000 «Инноватика» и других инженерных специальностей.

УДК 621.651.69(07)

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор

доктор технических наук, профессор М.Э. Шошиашвили

© Сидоренко В.С., Ракуленко С.В.,

Полешкин М.С., Медведев Д.Д., 2023

ISBN 978-5-7890-1036-5

© Издательский центр ДГТУ, 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень общественного производства и его дальнейшее развитие неразрывно связаны с интенсификацией рабочих процессов машин и агрегатов, внедрением автоматизированных комплексов технологического оборудования со многими исполнительными движениями. В этих условиях возникает необходимость создания новых и совершенствования действующих автоматизированных приводов, отвечающих все возрастающим требованиям повышения быстродействия, точности, надежности и экономичности техники [3].

Одним из перспективных направлений решения задачи является насыщение технологического оборудования системами гидропривода и гидропневмоавтоматики [18]. Так, применение гидроприводов в металлообрабатывающем оборудовании позволяет упростить кинематику станков, улучшить массогабаритные характеристики, повысить уровень автоматизации исполнительных механизмов, улучшить их динамическое качество.

Широкое использование гидропривода (далее по тексту ГП) обусловлено его существенными преимуществами в сравнении с другими типами приводов и, прежде всего, возможностью получения больших усилий, крутящих моментов и мощностей при ограниченных габаритах гидродвигателей (далее по тексту ГД). Другие преимущества ГП – простота преобразования и передачи энергии, высокие удельная напряженность силового потока и динамические характеристики в переходных режимах, бесступенчатое регулирование скорости движения, автоматическая защита от перегрузок, высокая жесткость кинематических и нагрузочных характеристик, пожаробезопасность – наиболее полно отвечают тенденциям развития техники и способствуют повышению ее эффективности.

Компактные энергоемкие ГД легко встраиваются в различные исполнительные механизмы, соединяются трубопроводами с гидроаппаратами и насосной установкой, имеющей один или несколько насосов. Это открывает широкие возможности для автоматизации, контроля и оптимизации рабочих процессов, применения программных, адаптивных и мехатронных систем управления.

Компоновка ГП легко поддается модернизации, состоит главным образом из стандартных, унифицированных гидроаппаратов, серийно выпускаемых отечественными и зарубежными производителями по единому международному классификатору [13, 14].

В этих условиях важное значение приобретают методы поиска, расчета и исследования элементной базы и рациональных схмотехнических решений ГП [9, 10], основанные на знаниях свойств и технических характеристик жидкостей и газов, законов их поведения в гидросистемах, емкостях и резервуарах. Понимание физической сущности гидромеханических процессов, грамотное их моделирование в инженерных задачах позволяют создавать высокоэффективные механизмы и машины на основе технических средств ГП и гидроавтоматики при минимальных затратах времени и средств. Практические навыки, полученные в ходе выполнения лабораторного практикума, позволяют закрепить знания по дисциплине «Гидропривод и гидравлические средства автоматизации», по анализу и синтезу схмотехнических решений гидропривода и использовать полученные умения и навыки при разработке гидрофицированных технологических машин (станочные системы, кузнечно-прессовое, литейное и сварочное оборудование, технологическая оснастка, промышленные роботы, пищевое оборудование и др.), а также мобильной техники, в частности, сельскохозяйственных и транспортных машин.

## **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ**

Изучение теоретического курса дисциплины «Гидропривод и средства автоматизации» обязательно сопровождается выполнением лабораторных работ. Для каждой лабораторной работы предлагаются методические рекомендации, в которых приведены цель, задачи, основные теоретические положения, описание лабораторной установки, методика проведения работы и оформления отчета. При подготовке и выполнении лабораторных работ, а также при их защите следует уделить внимание сущности протекающих процессов, руководствоваться методическими указаниями и рекомендованной литературой.

Конкретные численные значения исходных данных для выполнения работы дает руководитель занятий. При обработке результатов эксперимента единицы физических величин приводятся в СИ [17].

Содержание отчета о выполненной лабораторной работе включает следующие пункты:

- Цель и задачи работы;
- Основные теоретические положения и пояснения сущности исследуемых процессов и закономерностей поведения жидкостей и газов;
- Технические средства обеспечения программы исследования, описание экспериментального стенда, измерительных устройств;
- Методика проведения эксперимента, элементы его планирования, таблица исходных данных и результатов измерений;
- Обработка результатов эксперимента, расчеты характеристик по аналитическим и эмпирическим формулам должны быть занесены в соответствующие таблицы;
- Построение графиков исследуемых зависимостей и анализ их вида исходя из физики исследуемых процессов;
- Формулировка основных выводов, поясняющих степень достижения поставленных целей и задач;

- Оценка качественного и количественного совпадения результатов исследования, рекомендации для повышения точности эксперимента, совершенствования методики проведения работы.

***Примечание. Оформление отчета допускается как в рукописном виде, так и в специальных печатных формах, подготовленных кафедрой.***

Учитывая многообразие и особенности функционирования технических средств ГП (все устройства, гидромагистрали скрыты от визуального наблюдения процессов движения потока и срабатывания устройств), изучение типовых устройств, основ их функционирования осуществляется на специальном стенде «Прозрачная модель».

Стенд укомплектован прозрачными моделями типовых гидроаппаратов (см. Рис.1), подключаемых к компактной насосной установке гидроблоком управления и быстроразъемными шлангами. Благодаря использованию планшетного проектора достигается максимальная визуализация гидромеханических процессов внутри аппаратов.

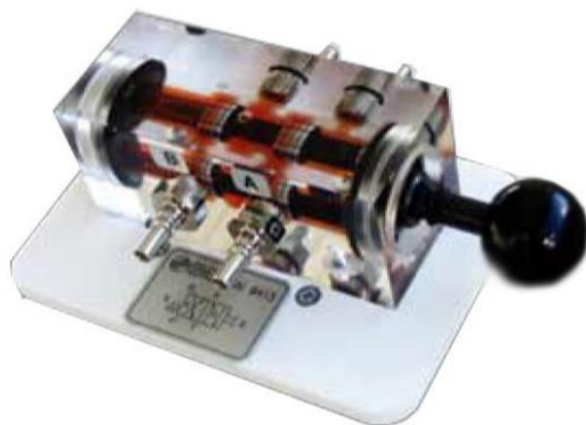


Рисунок 1 – Прозрачная модель гидроаппарата

В связи со спецификой функционирования гидросистем, при выполнении экспериментальной части лабораторных работ следует уделять особое внимание технике безопасности, приведенной в прил. 7.

Важной составляющей отчета является анализ результатов и конкретные выводы. Защита лабораторных работ проводится по мере их выполнения в порядке, предусмотренном в прил. 6. При положительной оценке всех выполненных работ студент получает кафедральный зачет по лабораторному практикуму.

## 2. ОПИСАНИЕ И РАБОТА УЧЕБНОГО СТЕНДА

Учебный стенд (далее по тексту УС) предназначен для изучения основ гидравлической и электрической схемотехники, релейной логики, программирования логических контроллеров и основ мехатроники.

Учебный стенд состоит из алюминиевой профильной панели с Т-образными пазами DID-TSLOTSQ (далее – панель) (см. Рис.2), комплектов элементов и/или электрических модулей DID-A4 формата А4 (далее – модули) (см. Рис.3). Состав комплекта приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав комплекта учебного стенда

№ п/п	Наименование	Обозначение	Кол-во, шт.
1	Гидроцилиндр двухстороннего действия	ГЦС 040x025-0200-09-Д0-С-0-0	1
2	Гидроцилиндр двухстороннего действия	ГЦС 040x025/025-0200-09-Д0-С-0-0	1
3	Гидравлический распределитель 4/2, моностабильный, электромагнитное управление	AD3E16FMS13	2
4	Гидравлический распределитель 4/2, бистабильный, электромагнитное управление	AD3E20DMS13	2
5	Гидравлический распределитель 4/3, моностаби- льный, электромагнитное управление	AD3E01CMS13	1
6	Гидравлический распределитель 4/3, моноста- бильный, электромагнитное управление	AD3E04CMS13	1
7	Гидравлический распределитель 4/2, с ручнымме- ханическим управлением	AD3L17FZD14	3
8	Гидравлический распределитель 4/2, с ручным механическим управлением	AD3L16FZD14	1
9	Гидравлический распределитель 4/3, механическое управление	AD3L02CZD14	1
10	Гидравлический распределитель 4/2, гидравлическое	AD3O16FZ002	1



	управление		
11	Гидравлический распределитель 4/2, механическое управление	AD3O20DZ002	2
12	Гидравлический распределитель 4/3, гидравлическое управление	AD3O04CZ002	1
13	Гидравлический распределитель 4/2, прямое механическое управление	AD3D16FZ002	2
14	Регулятор расхода двухлинейный с компенсацией давления	QC32Q24R005	1
15	Регулятор расхода трехлинейный с компенсацией давления	QC33Q24003	1
16	Модульный дроссель с обратным клапаном	AM3QFABM004	1
17	Модульный гидрозамок	AM3UPAB1003	1
18	Модульный редукционный клапан прямого действия	AM3RDP1V1004	1
19	Модульный редукционный клапан прямого действия	AM3RDA1V1004	2
20	Гидравлический распределитель 4/2, прямое механическое управление	AD3D16FZ002	2
21	Регулятор расхода двухлинейный с компенсацией давления	QC32Q24R005	1
22	Манометр 213.53.063 (0-25bar)	Манометр G1/4B	1
23	Манометр 213.53.063 (0-60bar)	Манометр G1/4	1

Основные технические характеристики и параметры УС приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики и параметры

№ п/п	Параметр, единица изм.	Значение
Общие характеристики стенда		
1	Габаритные размеры:	
	– длина, мм	800
	– ширина, мм	1640
	– высота, мм	2000
2	Материалы:	
	– панель	анодированный алюминиевый профиль
	– крепления	пластик
	– модули	пластик и алюминий
3	Температура рабочей среды, °С	от 0 до 50
4	Основание	Основание имеет 4 колесные опоры с тормозом
Гидравлические параметры		
5	Рабочая среда	ГОСТ 17479.3-85 Масла гидравлические

6	Рабочее давление, бар	от 8 до 40
7	Расход жидкости, л/мин	До 2х11.2
Электрические параметры		
8	Напряжение питания	200 ~ 240V AC
9	Диапазон частот питания, Гц	от 47 до 63
	Потребляемая мощность, кВт	2,5
10	Подключение	безопасный кабель питания 220V AC EURO для модулей DID-A4-PS2415 и DID-A4-RCC; электрическое питание на остальные модули разводится безопасными кабелями от модулей DID-A4-PS2415 или DID-A4-RCC

УС предназначен для работы в следующих условиях эксплуатации:

- рабочая температура среды.....от 0 до плюс 50 °С;
- предельная рабочая температура среды.....от 0 до плюс 55 °С;
- относительная повышенная влажность воздуха.....до 95 % при 25 °С.

Рабочая область изделия находится на фронтальной части **алюминиевой профильной панели DID-TSLOTSQ** (см. Рис.2). На профильную панель DID-TSLOTSQ с Т-образными пазами монтируют элементы из комплектов с помощью специальных креплений DID-FIX-R, обеспечивающих быстрый и надежный монтаж. С помощью модулей формата А4 DID-A4 (см. Рис.3) обеспечивается подключение элементов (см. Таб.3) и управление собранной электрогидравлической системой.



Рисунок 2 – Профильная панель DID-TSLOTSQ учебного стенда

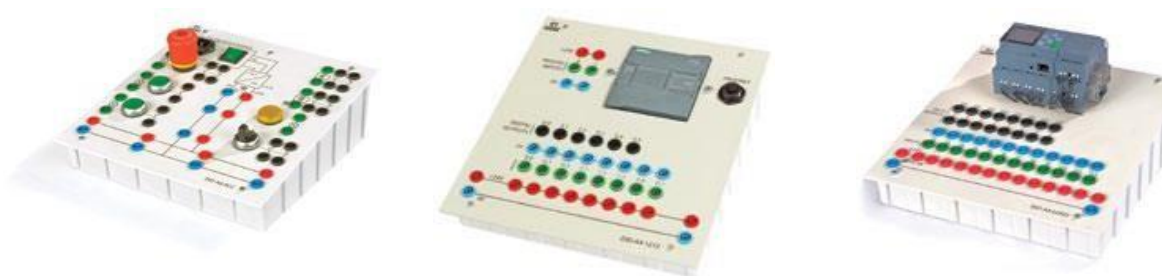


Рисунок 3 – Модули DID-A4

Таблица 3 – Характеристики элементов учебного стенда

Наименование	Характеристика
Гидравлический распределитель 4/2, моностабильный, электромагнитное управление AD3E16FMS13	<p>Конструкция: золотникового типа.</p> <p>Тип: моностабильный четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель).</p> <p>Управление: электромагнитное управление.</p> <p>Диаметр условного прохода – 6 мм.</p> <p>Максимальное рабочее давление: Отверстия: P-A-B - 320 Бар; Отверстие Т - 250 Бар</p> <p>Максимальный расход: 60 л/мин.</p> <p>Схема управления и возврата золотника: электромагнит со стороны канала В.</p> <p>Диапазон рабочей температуры: от -20 °С до 80 °С.</p> <p>Диапазон температуры окружающей среды: от -20 °С до 50 °С.</p> <p>Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 400 сСт.</p> <p>Напряжение питания катушек: 24 В</p> <p>Электромагниты без разъемов.</p>
Гидравлический распределитель 4/2, бистабильный, электромагнитное управление AD3E20DMS13	<p>Конструкция: золотникового типа.</p> <p>Тип: бистабильный четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель).</p> <p>Управление: электромагнитное управление.</p> <p>Диаметр условного прохода - 6 мм.</p> <p>Максимальное рабочее давление: Отверстия: P-A-B - 320 Бар; Отверстие Т - 250 Бар</p> <p>Максимальный расход: 60 л/мин.</p> <p>Схема управления и возврата золотника: 2 электромагнита, без пружинного возврата с фиксацией золотника.</p> <p>Диапазон рабочей температуры: от -20 °С до 80 °С.</p> <p>Диапазон температуры окружающей среды: от -20 °С до 50 °С.</p> <p>Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 400 сСт.</p> <p>Напряжение питания катушек: 24 В</p> <p>Электромагниты без разъемов.</p>

<p>Гидравлический распределитель 4/3, моностабильный, электромагнитное управление AD3E01CMS13</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: моностабильный, нормально закрытый, четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель). Управление: электромагнитное управление. Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т - 250 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Схема управления и возврата золотника: 2 электромагнита, пружинный возврат. Диапазон рабочей температуры: от -20 °С до 80 °С. Диапазон температуры окружающей среды: от -20 °С до 50 °С. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 400 сСт. Напряжение питания катушек: 24 В Электромагниты без разъемов.</p>
<p>Гидравлический распределитель 4/3, моностабильный, электромагнитное управление AD3E04CMS13</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: моностабильный, нормально закрытый, четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель). Управление: электромагнитное управление. Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т - 250 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Схема управления и возврата золотника: 2 электромагнита, пружинный возврат. Диапазон рабочей температуры: от -20 °С до 80 °С. Диапазон температуры окружающей среды: от -20 °С до 50 °С. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 400 сСт. Напряжение питания катушек: 24 В Электромагниты без разъемов.</p>
<p>Реле давления TS4-16-1</p>	<p>Условный проход: 4 мм Диапазон настройки давлений: 10-160 Бар Диапазон температур рабочей жидкости: - 20-70°С Диапазон вязкости 15 - 380 сСт Класс чистоты рабочей жидкости по NAS 1638: 8 Масса реле, не более 0,325 кг Метод монтажа: резьбовой G1/4</p>
<p>Гидроцилиндр с двухсторонним штоком 040х025/025-0200-09-Д0-С-0-0</p>	<p>Диаметр поршня: 40 мм. Диаметр штоков: 25 мм Длина хода: 200 мм. Диапазон рабочего давления: 210 Бар Максимальная скорость 0,5 м/с Вязкость рабочей жидкости 19 ÷ 90 мм<sup>2</sup>/с Рабочая температура – 30 °С ÷ 80 °С Тип: без демпфирования Материалы уплотнений: NBR, полиуретан.</p>

<p>Гидроцилиндр двухстороннего действия, сварной 040X025-0200-09-Д0-С-0-0</p>	<p>Диаметр поршня: 40 мм. Диаметр штока: 25 мм Длина хода: 200 мм. Диапазон рабочего давления: 210 Бар Максимальная скорость 0,5 м/с Вязкость рабочей жидкости <math>19 \div 90 \text{ мм}^2/\text{с}</math> Рабочая температура <math>-30 \text{ }^{\circ}\text{C} \div 80 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> Тип: без демпфирования Материалы уплотнений: NBR, полиуретан.</p>
<p>Гидравлический распределитель 4/2, с ручным механическим управлением AD3L17FZD14</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель). Управление: ручное механическое (рычаг с фиксатором). Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т – 160 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Угол поворота рычага <math>2 \times 17^{\circ}</math> Диапазон рабочей температуры: от <math>-25 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> до <math>75 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Диапазон температуры окружающей среды: от <math>-25 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> до <math>60 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 500 сСт.</p>
<p>Гидравлический распределитель 4/2, с ручным механическим управлением AD3L16FZD14</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель). Управление: ручное механическое (рычаг с фиксатором). Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т – 160 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Угол поворота рычага <math>2 \times 17^{\circ}</math> Диапазон рабочей температуры: от <math>-25 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> до <math>75 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Диапазон температуры окружающей среды: от <math>-25 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> до <math>60 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 500 сСт.</p>
<p>Гидравлический распределитель 4/3, механическое управление AD3L02CZD14</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: четырехлинейный трехпозиционный гидравлический распределитель (4/3-распределитель). Управление: ручное механическое (рычаг с фиксатором). Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т - 250 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Диапазон рабочей температуры: от <math>-20 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> до <math>80 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Диапазон температуры окружающей среды: от <math>-20 \text{ }^{\circ}\text{C}</math> до <math>50 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 400 сСт.</p>

<p>Гидравлический распределитель 4/2, гидравлическое управление AD3O16FZ002</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель). Управление: гидравлическое. Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т – 160 Бар Минимальное рабочее давление: 15 Бар Максимальное рабочее давление: 250 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Диапазон рабочей температуры: от 0 °С до 75 °С. Диапазон температуры окружающей среды: от -25 °С до 60°С. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 500 сСт.</p>
<p>Гидравлический распределитель 4/2, механическое управление AD3O20DZ002</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель). Управление: ручное механическое (рычаг с фиксатором). Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т - 250 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Диапазон рабочей температуры: от -20 °С до 80 °С. Диапазон температуры окружающей среды: от -20 °С до 50 °С. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 400 сСт.</p>
<p>Гидравлический распределитель 4/3, гидравлическое управление AD3O04CZ002</p>	<p>Конструкция: золотникового типа. Тип: четырехлинейный трехпозиционный гидравлический распределитель (4/3-распределитель), закрытая центральная позиция Управление: гидравлическое. Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление: Отверстия: Р-А-В - 320 Бар; Отверстие Т – 160 Бар Минимальное рабочее давление: 15 Бар Максимальное рабочее давление: 250 Бар Максимальный расход: 60 л/мин. Диапазон рабочей температуры: от 0 °С до 75 °С. Диапазон температуры окружающей среды: от -25 °С до 60 °С. Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 500 сСт.</p>

<p>Гидравлический распределитель 4/2, прямое механическое управление AD3D16FZ002</p>	<p>Конструкция: золотникового типа.          Тип: четырехлинейный двухпозиционный гидравлический распределитель (4/2-распределитель), прямое механическое управление.          Управление: прямое механическое.          Диаметр условного прохода – 6 мм.          Максимальное рабочее давление: отверстия: Р-А-В - 320 Бар; отверстие Т – 20 Бар          Максимальный расход: 60 л/мин.          Усилие переключения: 6 кг (при отсутствии противодействия в линии Т).          Диапазон рабочей температуры: от 0 °С до 75 °С.          Диапазон температуры окружающей среды: от -25 °С до 60 °С.          Диапазон вязкостей жидкости: 10 ... 500 сСт.          Ход: 6 мм          Дополнительный ход: 2 мм          Ход управления: 3 мм          Рекомендуются крепеж класса прочности не менее 8.8.          Момент затяжки винтов М5х30 = 5 Нм / 0,5 кГм.</p>
<p>Регулятор расхода двухлинейный с компенсацией давления QC32Q24R005</p>	<p>Тип: регулятор расхода двухлинейный с компенсацией давления без обратного клапана          Диаметр условного прохода – 6 мм. Максимальное рабочее давление 320 бар          Давление открытия (с обратным клапаном) 1 бар          Минимальный расход регулировки (настройка Q1) 0.03 ÷ 0.05 л/мин.          Количество оборотов ручки: 4          Диапазон регулировки расхода (4 оборота ручки): 3 л/мин          Перепад давлений для регулировки: 8 бар          Рабочая жидкость минеральные масла DIN 51524          Вязкость рабочей жидкости 10 ÷ 500 мм<sup>2</sup>/с          Температура жидкости - 25 °С ÷ 75 °С          Температура окружающей среды – 25 °С ÷ 60 °С          Уровень очистки класс 10 по NAS 1638 с фильтром β<sub>≥75</sub>          Погрешность при изменении температуры 2% - 5%          Вес без обратного клапана 1,5 кг</p>

Регулятор расхода трехлинейный с компенсацией давления QC33Q24003	<p>Тип: регулятор расхода трехлинейный с компенсацией давления без обратного клапана, без замка.</p> <p>Диаметр условного прохода – 6 мм.</p> <p>Максимальное рабочее давление: 320 бар.</p> <p>Давление открытия (с обратным клапаном): 1 бар.</p> <p>Минимальный расход регулировки (настройка Q1): 0,03 ÷ 0,05 л/мин.</p> <p>Количество оборотов ручки: 4.</p> <p>Диапазон регулировки расхода (4 оборота ручки) 3 л/мин</p> <p>Перепад давлений для регулировки: 8 бар.</p> <p>Рабочая жидкость минеральные масла DIN 51524</p> <p>Вязкость рабочей жидкости 10 ÷ 500 мм<sup>2</sup>/с</p> <p>Температура жидкости - 25 °С ÷ 75 °С</p> <p>Температура окружающей среды - 25 °С ÷ 60 °С</p> <p>Уровень очистки класс 10 по NAS 1638 с фильтром β<sub>75</sub>≥75</p> <p>Погрешность при изменении температуры 2% - 5%</p> <p>Вес без обратного клапана 1,5 кг</p>
Модульный дроссель с обратным клапаном AM3QFABM004	<p>Тип: модульный дроссель с обратным клапаном и регулировочным винтом.</p> <p>Диаметр условного прохода - 6 мм.</p> <p>Максимальное рабочее давление: 350 бар.</p> <p>Максимальное давление регулирования: 250 бар.</p> <p>Регулировка расхода: 8 оборотов винта.</p> <p>Максимальный расход: 40 л/мин.</p> <p>Рабочая жидкость: минеральные масла DIN 51524.</p> <p>Вязкость рабочей жидкости: 10 ÷ 500 мм<sup>2</sup>/с</p> <p>Температура жидкости: - 25 °С ÷ 75 °С</p> <p>Температура окружающей среды: -25 °С ÷ 60 °С</p> <p>Уровень очистки: класс 10 по NAS 1638 с фильтром β<sub>75</sub>≥75</p> <p>Вес 1,5 кг.</p>
Модульный гидрозамок AM3UPAB1003	<p>Тип: модульный гидрозамок</p> <p>Диаметр условного прохода – 6 мм.</p> <p>Максимальное рабочее давление: 350 бар.</p> <p>Минимальное давление открытия: 1 бар.</p> <p>Управляющее соотношение: 1:4.</p> <p>Максимальный расход 40 л/мин.</p> <p>Рабочая жидкость минеральные масла DIN 51524.</p> <p>Вязкость рабочей жидкости 10 ÷ 500 мм<sup>2</sup>/с при t° = 50 °С .Температура жидкости -20 °С ÷ 75 °С.</p> <p>Уровень очистки класс 10 по NAS 1638 с фильтром β<sub>75</sub>≥75</p> <p>Вес 1 кг.</p>



<p>Модульный редукционный клапан прямого действия AM3RDP1V1004</p>	<p>Тип: модульный редукционный клапан прямого действия с поворотной ручкой и функцией регулирования и подключения давления.</p> <p>Диаметр условного прохода – 6 мм.</p> <p>Максимальное рабочее давление: порт Р 350 бар.</p> <p>Максимальное регулируемое давление 250 бар.</p> <p>Настройки давления: 2÷30 бар.</p> <p>Максимальный расход 40 л/мин.</p> <p>Внутренний дренаж RD: положительное перекрытие 0,5 л/мин.</p> <p>Линия регулирования давления: Р</p> <p>Рабочая жидкость минеральные масла DIN 51524.</p> <p>Вязкость рабочей жидкости 10 ÷ 500 мм<sup>2</sup>/с.</p> <p>Температура жидкости -25 °С ÷ 75 °С.</p> <p>Температура окружающей среды -25 °С ÷ 60 °С.</p> <p>Уровень очистки класс 10 по NAS 1638 с фильтром β<sub>75</sub>≥75.</p> <p>Вес 1,3 кг</p>
<p>Модульный редукционный клапан прямого действия AM3RDA1V1004</p>	<p>Тип: модульный редукционный клапан прямого действия с поворотной ручкой и функцией регулирования и подключения давления.</p> <p>Диаметр условного прохода – 6 мм.</p> <p>Максимальное рабочее давление: порт Р 350 бар.</p> <p>Максимальное регулируемое давление 250 бар.</p> <p>Настройки давления: 2÷30 бар.</p> <p>Максимальный расход 40 л/мин.</p> <p>Внутренний дренаж RD: положительное перекрытие 0,5 л/мин.</p> <p>Линия регулирования давления: А</p> <p>Рабочая жидкость минеральные масла DIN 51524.</p> <p>Вязкость рабочей жидкости 10 ÷ 500 мм<sup>2</sup>/с.</p> <p>Температура жидкости -25°С ÷ 75°С.</p> <p>Температура окружающей среды -25 °С ÷ 60 °С.</p> <p>Уровень очистки класс 10 по NAS 1638 с фильтром β<sub>75</sub>≥75.</p> <p>Вес 1,3 кг</p>
<p>Манометр 213.53.063</p>	<p>Тип: манометр глицериновый с трубкой Бурдона</p> <p>Номинальный диаметр: 63 мм</p> <p>Диапазон измерения: 0 - 25 бар.</p> <p>Класс точности: 1,6</p> <p>Присоединение: штуцер сзади G ¼ (наружная резьба)</p>
<p>Манометр 213.53.063</p>	<p>Тип: манометр глицериновый с трубкой Бурдона</p> <p>Номинальный диаметр: 63 мм</p> <p>Диапазон измерения: 0 - 60 бар.</p> <p>Класс точности: 1,6</p> <p>Присоединение: штуцер сзади G ¼ (наружная резьба)</p>

**Оптический датчик положения DID-R-SO** (далее - оптический датчик) предназначен для определения положения объекта бесконтактным способом на большом расстоянии (см. Рис.4).

Оптический датчик имеет в своем составе четыре контакта «+24V», «0V», «CTRL» и «DO».

Контакты «+24V» и «0V» являются контактами электрического питания на них необходимо подать (+24) В и 0 В от источника питания на красный и синий контакты соответственно.



Рисунок 4 – Оптический датчик DID-R-SO

Контакт «DO» является дискретным выходом оптического датчика. Его следует подключать ко входу ПЛК, входу другого датчика или исполнительному элементу (катушке электрогидравлического распределителя, реле и т.д.).

Контакт «CTRL» является входным контактом для конфигурации выхода оптического датчика. На его вход необходимо подать напряжение от источника питания. Если подать на контакт «CTRL» (+24) В, то на выходе будет появляться (+24) В, при наличии объекта; если подать 0 В - напряжение на выходе будет появляться при отсутствии объекта. На контакт «CTRL» можно подавать напряжение напрямую из сети (+24) В (или 0 В). Внутри датчика стоит токоограничивающий резистор.

**ВНИМАНИЕ!**

Не подключайте выход «DO» оптического датчика к сети 0 В без нагрузки! Это может привести к выходу оптического датчика из строя!

**Емкостной датчик положения DID-R-SC** (далее – емкостной датчик) предназначен для определения положения объекта бесконтактным способом (см. Рис.5).

Емкостной датчик имеет в своем составе три контакта «+24V», «0V» и «DO».

Контакты «+24V» и «0V» являются контактами электрического питания на них необходимо подать (+24) В и 0 В от источника питания на красный и синий контакты соответственно.

Контакт «DO» является дискретным выходом емкостного датчика. Его следует подключать ко входу ПЛК, входу другого датчика или исполнительному элементу (катушке электрогидравлического распределителя, реле и т.д.).

**ВНИМАНИЕ!**

Не подключайте выход «DO» емкостного датчика к сети 0 В без нагрузки! Это может привести к выходу емкостного датчика из строя!

**Модуль DID-A4-RCC-WR** (далее - DID-A4-RCC-WR) предназначен для управления электрогидравлическими приводами с помощью релейно-контактных схем (см. Рис.6). Имеет источник питания 24V DC.

В состав DID-A4-RCC-WR входит:

- кнопка аварийной остановки (1 шт.);
- электрическая кнопка без фиксации, с лампой (2 шт.);
- контрольная лампа желтая (1 шт.);
- электромеханическое реле со светодиодной индикацией (2 шт.);
- переключатель селекторного типа (1 шт.);
- набор электрических проводов (1 шт.);



Рисунок 5 – Емкостной датчик DID-R-SC



Рисунок 6 – Модуль DID-A4-RCC-WR

Электрический модуль имеет в своем составе семь контактов «+24V» и «0V».Контакты «+24V» и «0V» являются контактами электрического питания на них необходимо подать (+24) В и 0 В от источника питания на красный и синий контакты соответственно.

**Модуль DID-A4-1212** (далее – DID-A4-1212) с ПЛК Siemens S7-1200 CPU1212 предназначен для управления электрогидравлическим приводами с помощью **ПЛК Siemens S7-1200 CPU1212** (см. Рис.7). Подключение осуществляется через безопасные контакты.

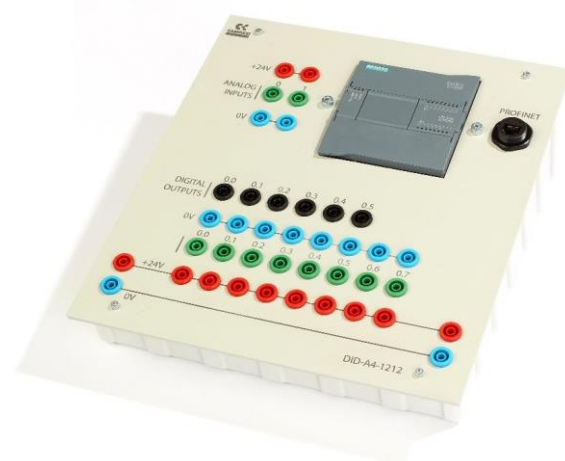


Рисунок 7 – Модуль DID-A4-1212

В DID-A4-1212 встроены дискретные входы (8 шт.), дискретные выходы (6 шт.), аналоговые входы (2 шт.).

**Модуль DID-A4-LOGO** (далее – DID-A4-LOGO) с ПЛК Siemens LOGO 24RC

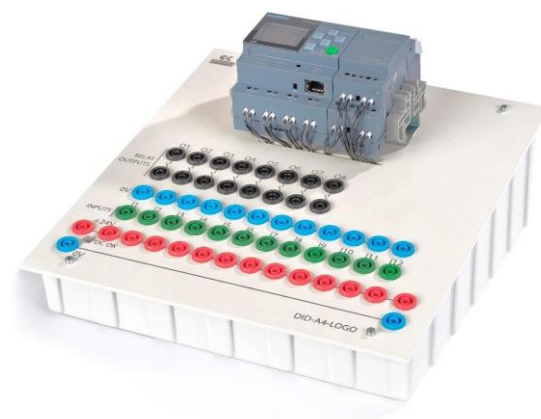


Рисунок 8 – Модуль DID-A4-LOGO

предназначен для изучения основ автоматики и программирования логических контроллеров (см. Рис.8). Подключение осуществляется через безопасные контакты. В DID-A4-LOGO встроены дискретные выходы (8 шт.), дискретные входы (12 шт.).

***Гидравлическая станция модели СГ 1-Ш2-11,2/11,2-40-63 МОА, внешний*** вид представлен на рисунке 9. Технические характеристики приведены в таблице 4.

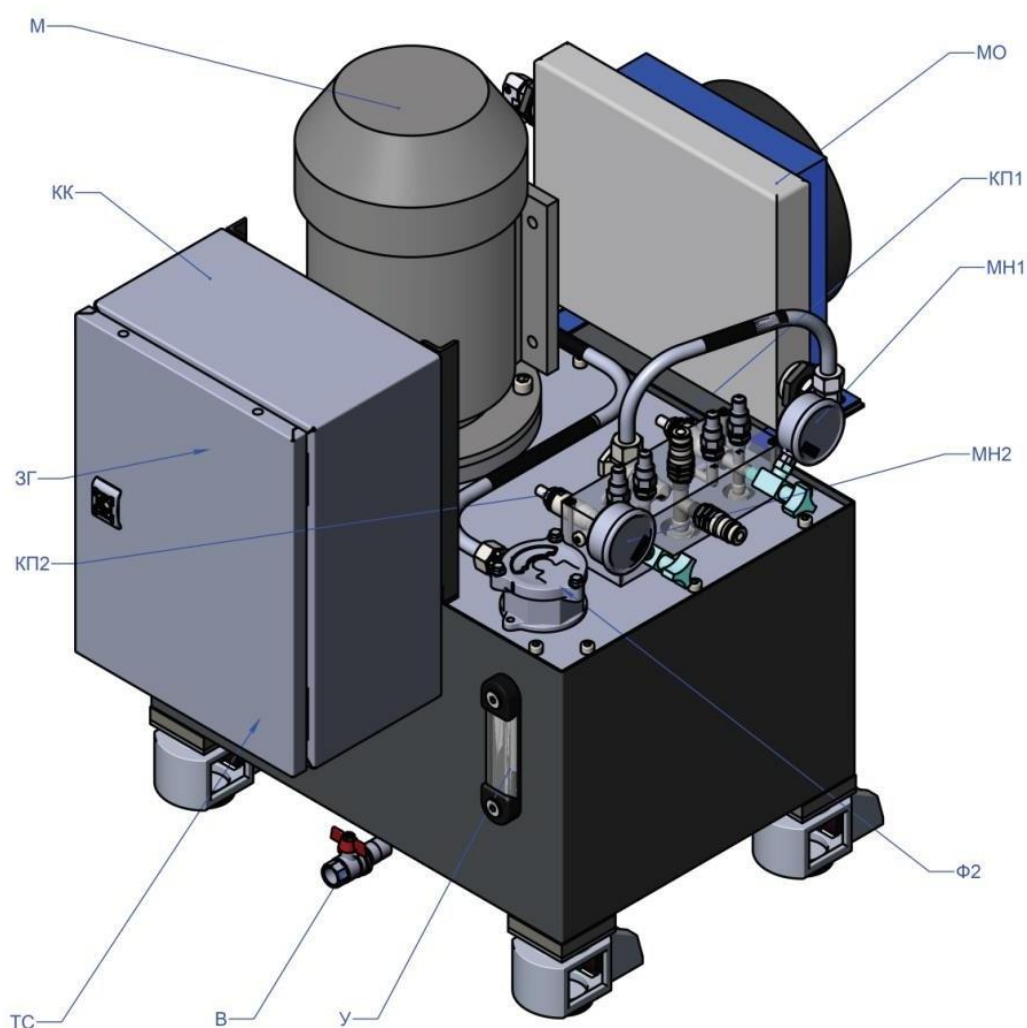


Рисунок 9 – Станция гидравлическая СГ1-Ш2-11,2/11,2-40-63 МО

Гидравлическая станция (далее по тексту ГС) предназначена для подачи масла под давлением в исполнительные механизмы стендового оборудования. Станция оснащена выключателем, посредством которой станция подключается к электрической сети. Габаритный чертеж станции представлен на рисунке 9.

Таблица 4 - Технические характеристики гидравлической станции

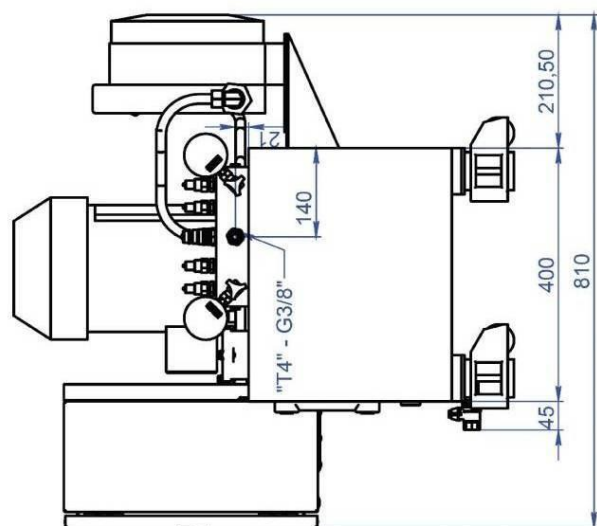
№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Масса, кг	75
2	Габаритные размеры в транспортном <del>положении</del> (длина×ширина×высота), мм	560x810×800
3	Присоединительная резьба на входах и выходах	G1/4,G3/8 <del>внутренняя</del>
4	Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	УХЛ4
5	Диапазон рабочих температур, °С	От 0 до + 40
6	Температура хранения, не менее, °С	- 20
7	Мощность электропривода, кВт	220В
8	Напряжение питания соленоидов, В	
9	Эффективный объем бака, л	60
10	Максимальное давление, бар	40
11	Номинальная производительность, л/мин	2x11.2
Применяемы масла (марки) летний период		
	Импортные	Отечественные
1	ESSO NUTO 32	ИГПЗ8
2	Mobil DTE 24	МГЕ-46В
Применяемы масла (марки) зимний период		
1	Shell TELUS Arctic 32	ВМГЗ (Лукойл)

Станция представляет собой насосный агрегат и гидравлическую панель, размещенные на гидравлическом баке. Бак имеет ножки с механическими фиксаторами. Для слива масла из бака имеется шаровой кран **В**. Поворот рукоятки крана против часовой стрелки (таким образом, чтобы рукоятка была направлена вдоль оси крана) открывает кран – происходит слив масла, поворот рукоятки по часовой стрелке (рукоятка перпендикулярна оси крана) – закрывает кран. На крышке бака размещены основные элементы гидростанции. Состав станции представлен в таблице 5, схема гидравлическая - рисунок 10.

При подаче напряжения на клеммы электродвигателя запускается последний, который запускает в свою очередь насос **Н**, тем самым рабочая жидкость от насосного агрегата поступает в гидропанель, а оттуда к исполнительным механизмам оборудования УС.



A



1. Максимальное давление развиваемое установкой - 40бар.
2. Рабочее (настроенное) давление - 36бар
3. Номинальная производительность насосной установки - 1,2/1,2 л/мин.
4. Насос шестеренчатый постоянного объема.
5. Объем бака - 60л.
6. Мощность электропривода - 2,2 кВт. 220VAC
7. Выходы со станции G1/4"
8. Станция гидравлическая оснащена клемной коробкой с розеткой 200VAC.
9. Станция гидравлическая оснащена колесами с виброопорами.
10. Бак станции гидравлической имеет перегородку для разделения зон всасывания и слива масла.

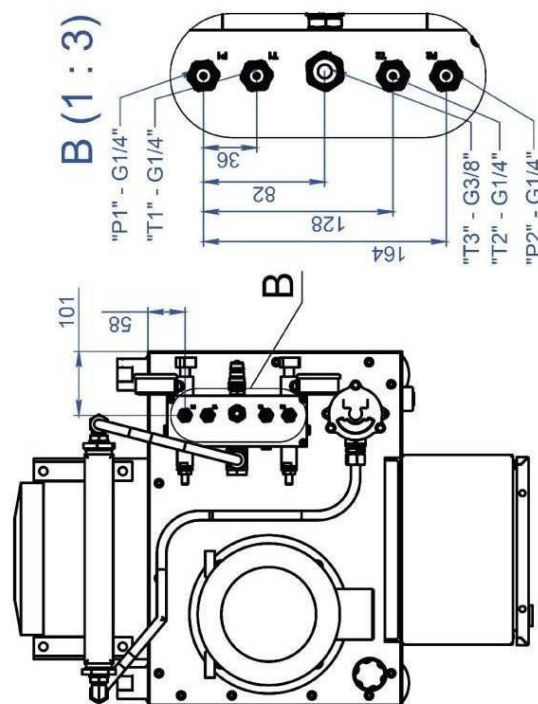
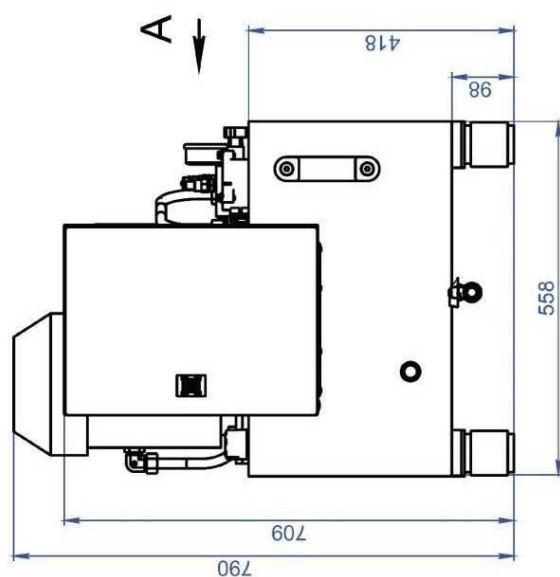


Рисунок 9 – Габаритный чертеж гидравлической станции СГ1-Ш2-1,2/1,2-40-63 МО

Таблица 5 - Основные элементы гидравлической станции

Обозначение	Наименование	Производитель	Кол-во	Характеристики
	<u>Гидростанция:</u>			
Б	Бак гидравлический	<u>Донварт</u> , Россия	1	63л.
ВМ	Вентиль манометра	<u>Fluidpress</u> , Италия	2	G1/4, Pmax-350bar
<u>Мн</u>	Манометр	<u>Wika</u> , Германия	2	корпус 63мм, Pизм- 0...100bar
КО	Клапан обратный	<u>Parker</u> , Германия	2	G1/2", Pmax - 350bar
<u>Ф1</u>	Фильтр всасывающий	<u>MP Filtri</u> , Италия	2	90мкм
у	Уровень	<u>MP Filtri</u> , Италия	1	
<u>Ф2</u>	Фильтр сливной с визуальным индикатором загрязненности	<u>MP Filtri</u> , Италия	1	25мкм
КП	Клапан предохранительный с регулировочным винтом	<u>Aron</u> , Италия	2	Ду-6мм, Qmax-40л/мин., Pрег- 8...45bar
Н	Насос шестеренчатый	<u>QT</u> , Италия	2	v-8,2 см3/об, Pmax-250bar
М	Электродвигатель	Россия	1	N-2,2 кВт, 1500об/мин, 220VAC
В	Сливной кран	Италия	1	G1/2
МО	Маслоохладитель	ОМТ, Италия	1	0,08кВт/С; 220 VAC
ТС	Термостат	ТМ	1	10...100°C
<u>ТР</u>	<u>Термореле</u>	УТФР-2Ц	1	220VAC
ЗГ	Заливная горловина	<u>MP Filtri</u> , Италия	1	





воздуха, тем самым приводя к увеличенной теплоотдаче. На маслоохладителе установлено также термореле.

На всасывающей линии насоса Н располагается всасывающий фильтр **Ф1**. Фильтр предназначен для защиты механизмов насоса Н от загрязнений размером более 90 мкм. Фильтр представляет собой пластиковый стакан с гофрированной фильтрующей сеткой, выполненной из нержавеющей стали.

Клапан обратный **КО** – это клапан, пропускающий жидкость только в одном направлении и предназначенный для предотвращения раскручивания вала насоса при отключении электродвигателя.

Слив масла из гидросистемы осуществляется через сливной фильтр **Ф2**, выполненный в виде пластмассовой колбы, внутри которой располагается фильтрующий элемент. Проходя через фильтрующий элемент поток масла, очищается от механических примесей и твёрдых частиц размером более 25 мкм. Для контроля за уровнем загрязнённости фильтроэлемента имеется визуальный индикатор загрязнённости, который вкручен в корпус фильтра. Переход стрелки из зелёной зоны индикатора в красную свидетельствует о загрязнении фильтроэлемента и о необходимости его замены.

Масло заливается в гидравлический бак через заливной фильтр **ЗГ** (заливную горловину). Заливной фильтр представляет собой стакан, выполненный из сетки. Сверху он закрыт крышкой, которая при заливке масла вывинчивается. Воздушный фильтр предназначен для фильтрации воздуха, циркулирующего в пространстве над уровнем масла в гидробаке.

Для контроля за уровнем давления в гидравлической системе **ГС** оснащена манометром **Мн**, который подключен к напорной линии через вентиль **ВМ**. Вентиль предназначен для сглаживания пульсаций и защиты внутреннего механизма манометра от гидроударов.

Контроль за уровнем масла в баке осуществляется по визуальному уровнемеру **У** расположенному на лицевой стенке бака. Уровнемер имеет две отметки – верхнего и нижнего уровня масла, а также шкалу с термометром для изме-

рения температуры масла в баке. На ГС имеется электрическая разводка, установленная клемная коробка (см. Рис.11).

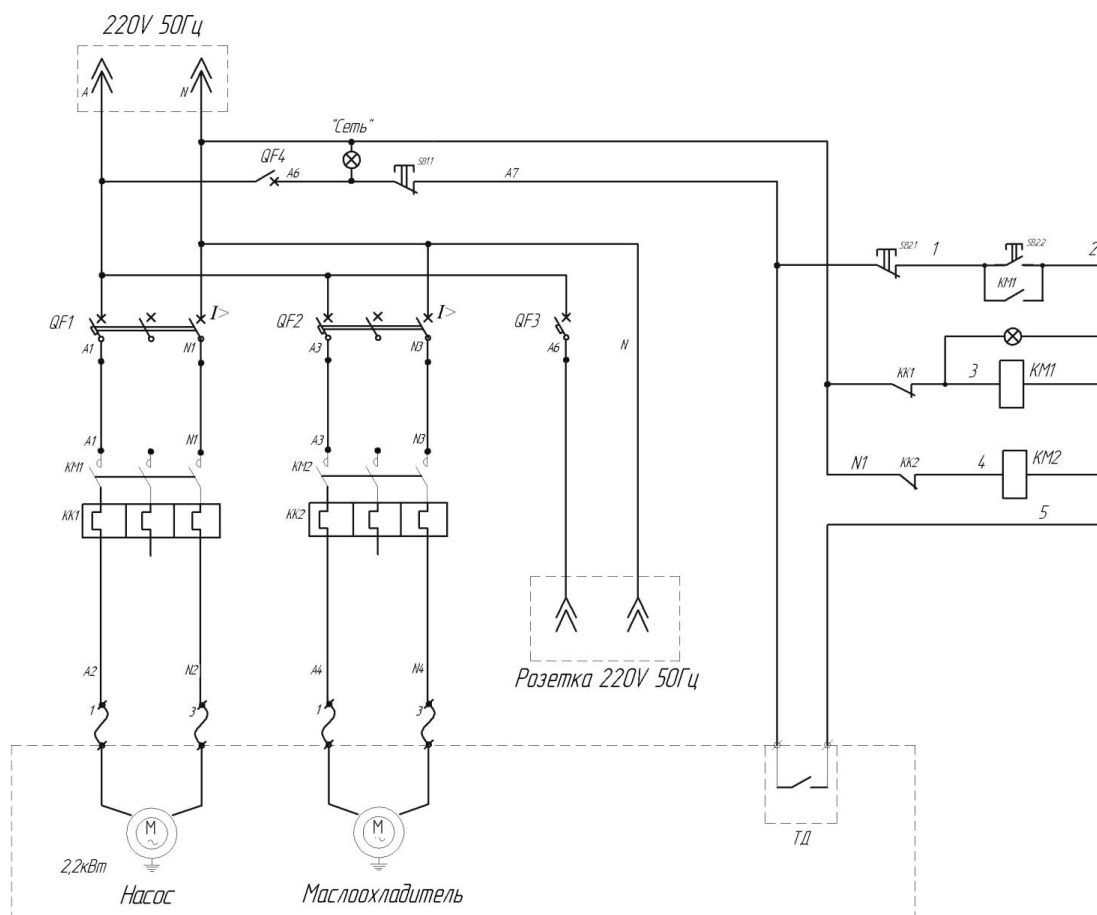


Рисунок 11 – Схема электрическая принципиальная гидравлической станции

## 2.1 Меры безопасности и эксплуатационные ограничения при эксплуатации

При эксплуатации станции необходимо выполнять требования ГОСТ 12.2.086-83 «Гидроприводы объёмные и системы смазочные. Общие требования безопасности к монтажу, испытаниям и эксплуатации», «Правил устройства электроустановок». Опасными факторами при эксплуатации станции являются наличие высокого давления в гидросистеме напряжение в электросистеме.

Безопасность эксплуатации обеспечивается:

- исправным состоянием элементов станции;
- работой станции на заданных режимах;
- выполнением, обслуживающим персоналом правил техники безопасности,

производственной санитарии, пожарной безопасности;

- допуском к техническому обслуживанию изделия лиц, профессионально обученных, знающих устройство ГС и её элементную базу;
- применением средств защиты обслуживающего персонала;
- использованием при монтажных и демонтажных работах для транспортировки исправных грузозахватных механизмов.

***ЗАПРЕЩАЕТСЯ:***

- эксплуатация станции при неисправности гидравлических устройств, входящих в ее состав;
- эксплуатация станции при появлении наружных утечек рабочей жидкости;
- техническое обслуживание станции, элементов, находящихся под давлением.

Таблица 6 – Неисправности гидростанции, причины и методы устранения

№ п/п	Неисправность	Возможная причина	Метод устранения
		Большие внутренние или внешние утечки в элементах гидросистемы	Проверить соединения на герметичность. При необходимости протянуть негерметичное соединение.

1	Резкое уменьшение скорости движения при росте нагрузки.	Дроссель заедает в открытом положении	Разобрать регулятор потока, проверить исправность пружины и плавность перемещения золотника. Устранить дефекты, промыть и собрать регулятор.
		Предохранительные и перепускные клапаны отрегулированы на низкое давление	Настроить предохранительные и перепускные клапаны
2	Постепенное уменьшение скорости движения рабочего органа	Загрязнение рабочей жидкости	Заменить жидкость и промыть гидросистему
		Засорение дросселей и других аппаратов системы. Облитерация (заращивание) щелей дросселя	Промыть аппаратуру
3	Предохранительный клапан не удерживает давления	Засорился демпфер или седло клапана	Прочистить демпфер, промыть потоком жидкости
		Износился конус или седло	Заменить клапан
		Сломалась пружина	Заменить клапан
4	Не переключается золотник распределителя при подаче питания на соленоид	Заедание золотника в корпусе (задиры золотника).	Заменить золотник
		Заклинивание золотника при грязном масле или осевшей возвратной пружине. Густое масло затрудняет перемещение золотника	Промыть аппарат, заменить масло
5		Неисправность соленоида	Заменить соленоид
6	Стрелка манометра при отсутствии давления в	Поврежден внутренний механизм манометра из-за	Заменить манометр, отрегулировать предохранитель-

	системе не устанавливается на ноль	резкого повышения давления выше шкалы прибора	ный клапан
--	------------------------------------	---	------------

## 2.2 Техническое обслуживание ГС

При эксплуатации станции необходимо проводить её ежедневное техническое обслуживание в следующем объеме:

- Проверить уровень рабочей жидкости в баке, он должен находиться между синей и красной отметками на уровнемере У;
- Проверить визуально наружные утечки рабочей жидкости, при необходимости устранить течи;
- Внешним осмотром проверить состояние рукавов высокого давления, не допускается наличие трещин, вздутий, вмятин, повреждений наружной оболочки рукавов. При необходимости заменить;
- Проверить визуальный индикатор загрязненности жидкости на фильтре Ф2, при необходимости заменить засорившийся фильтроэлемент (при выходе стрелке на индикаторе из зеленого сектора в красный).

## 2.3 Дополнительное оборудование ГС

**Коллектор** предназначен для распределения потока масла. На коллекторе установлен гидрораспределитель (СЕТОР 6 Дуб) с ручным управлением в среднем положении линия «А», «В» запираются а линия «Р» объединяется с линией «Т». Внешний вид коллектора см. рисунок 12, габаритный чертеж - рисунок 13,

**Нагрузатель поступательного действия** предназначен для создания (имитации) нагрузки на штоке гидроцилиндра ГЦ1. Нагрузка создается путем дросселирования выходящей жидкости из аналогичного гидроцилиндра ГЦ2 соединенного с ГЦ1. Величина создаваемого усилия регулируется с помощью установленных предохранительных клапанов на ГЦ2. Внешний вид нагрузателя поступательного действия представлен на рисунке 14, его гидравлическая схема см. рисунок 15.

**Нагружатель вращательного действия** предназначен для создания (имитации) нагрузки на валу гидромотора ГМ1. Нагрузка создается путем дросселирования выходящей жидкости из аналогичного гидромотора ГМ2 соединенного с ГМ1. Величина создаваемого момента регулируется с помощью установленных предохранительных клапанов на ГМ2. Габаритный чертеж нагружателя вращательного действия представлен на рисунке 16, принципиальная гидравлическая схема – рисунок 17.

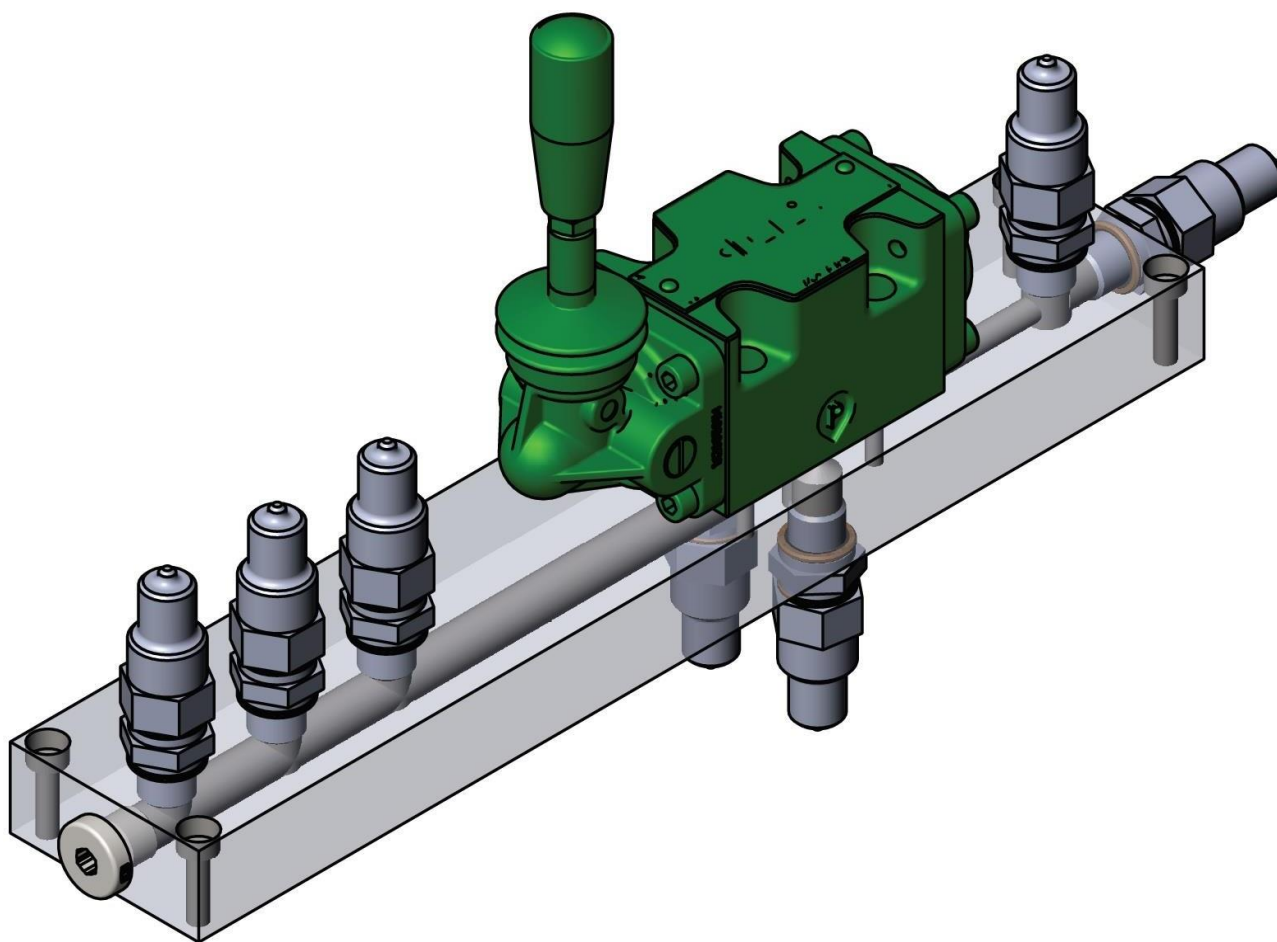


Рисунок 12 – Внешний вид коллектора

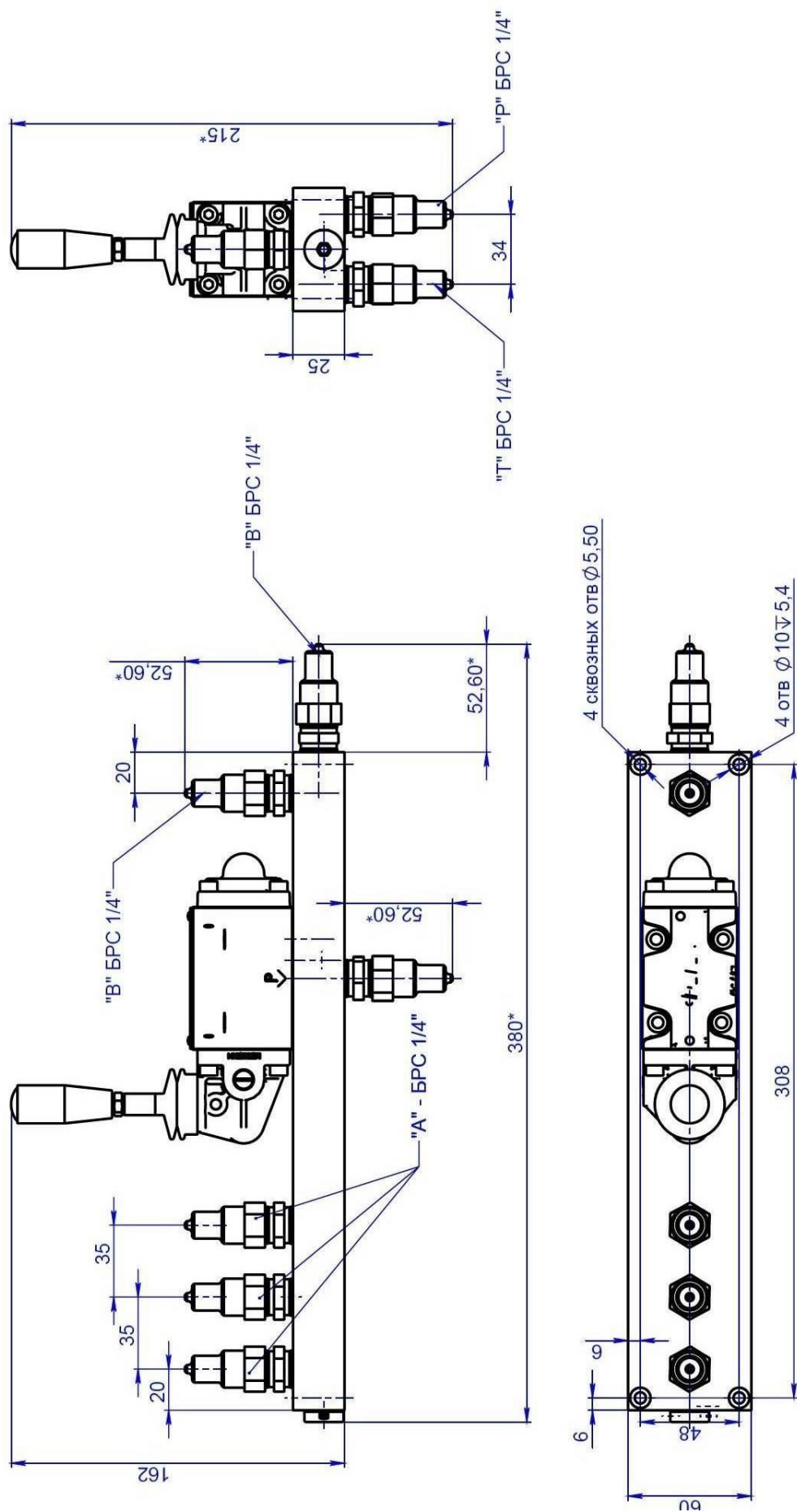
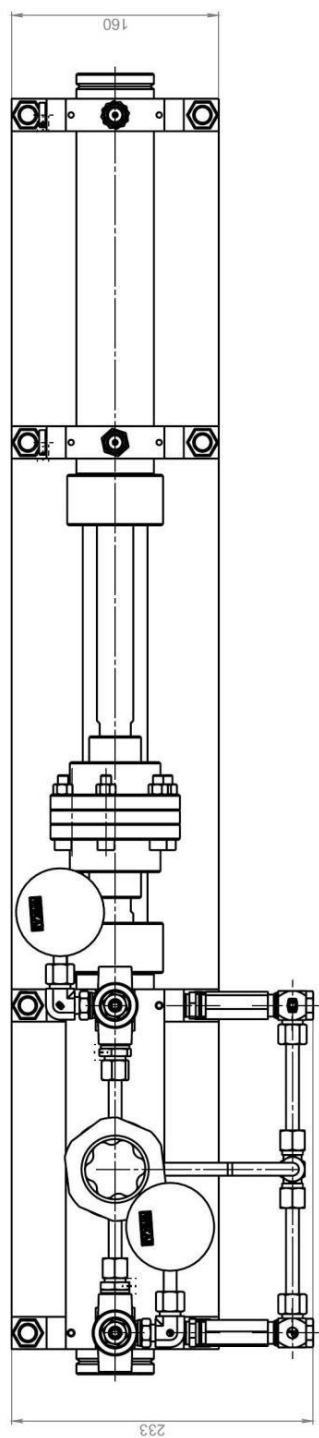
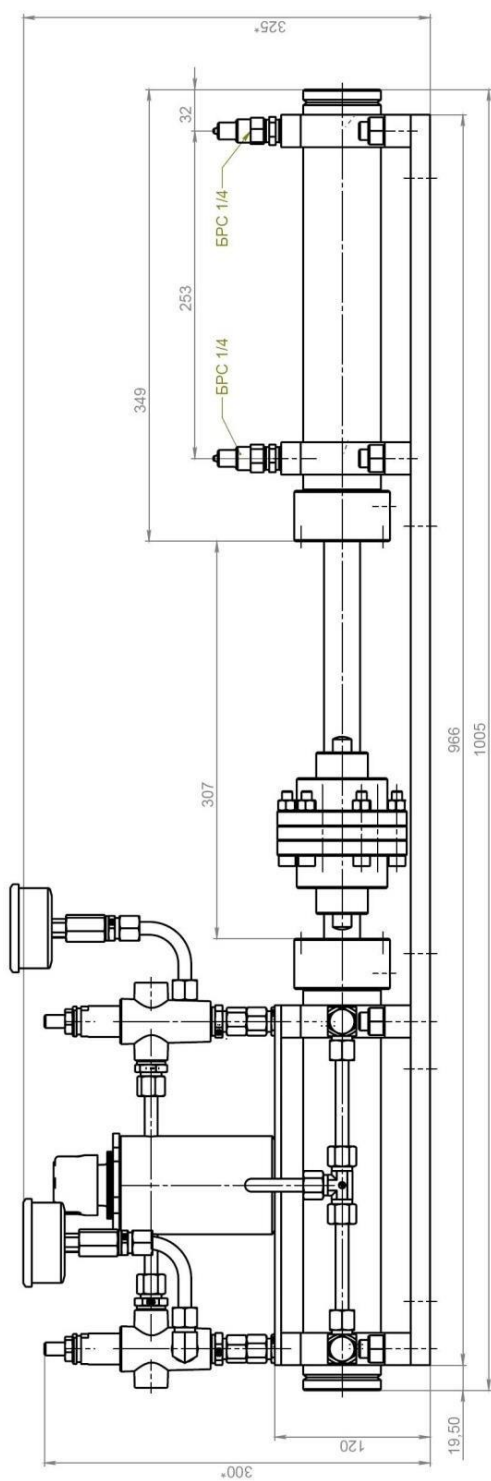


Рисунок 12 – Габаритный чертёж коллектора





1. Максимальное рабочее давление  $P=3.6 \text{ МПа}$ .  
Испытательное давление -  $1.5P$ .
2. ГЦ1 - ГЦС 050х028-0200-09-Д0-С-0-0  
Диаметр поршня  $D=50 \text{ мм}$   
Диаметр штока  $d=20 \text{ мм}$   
Ход  $L=200 \text{ мм}$
3. Давление холостого хода - не более  $1 \text{ МПа}$ .  
ГЦ2 - ГЦС 050х028-0200-09-Д0-С-0-0  
Диаметр поршня  $D=50 \text{ мм}$   
Диаметр штока  $d=20 \text{ мм}$   
Ход  $L=200 \text{ мм}$
4. Давление холостого хода - не более  $1 \text{ МПа}$ .  
Усилие на штоке при рабочем давлении:  
- толкающее -  $7 \text{ кН}$ ;  
- тянущее -  $4.8 \text{ кН}$ .
5. 8. Покрытие - эмаль PUR 5400 G90 черная RAL9017.

Рисунок 14 – Габаритный чертеж нагружателя поступательного действия

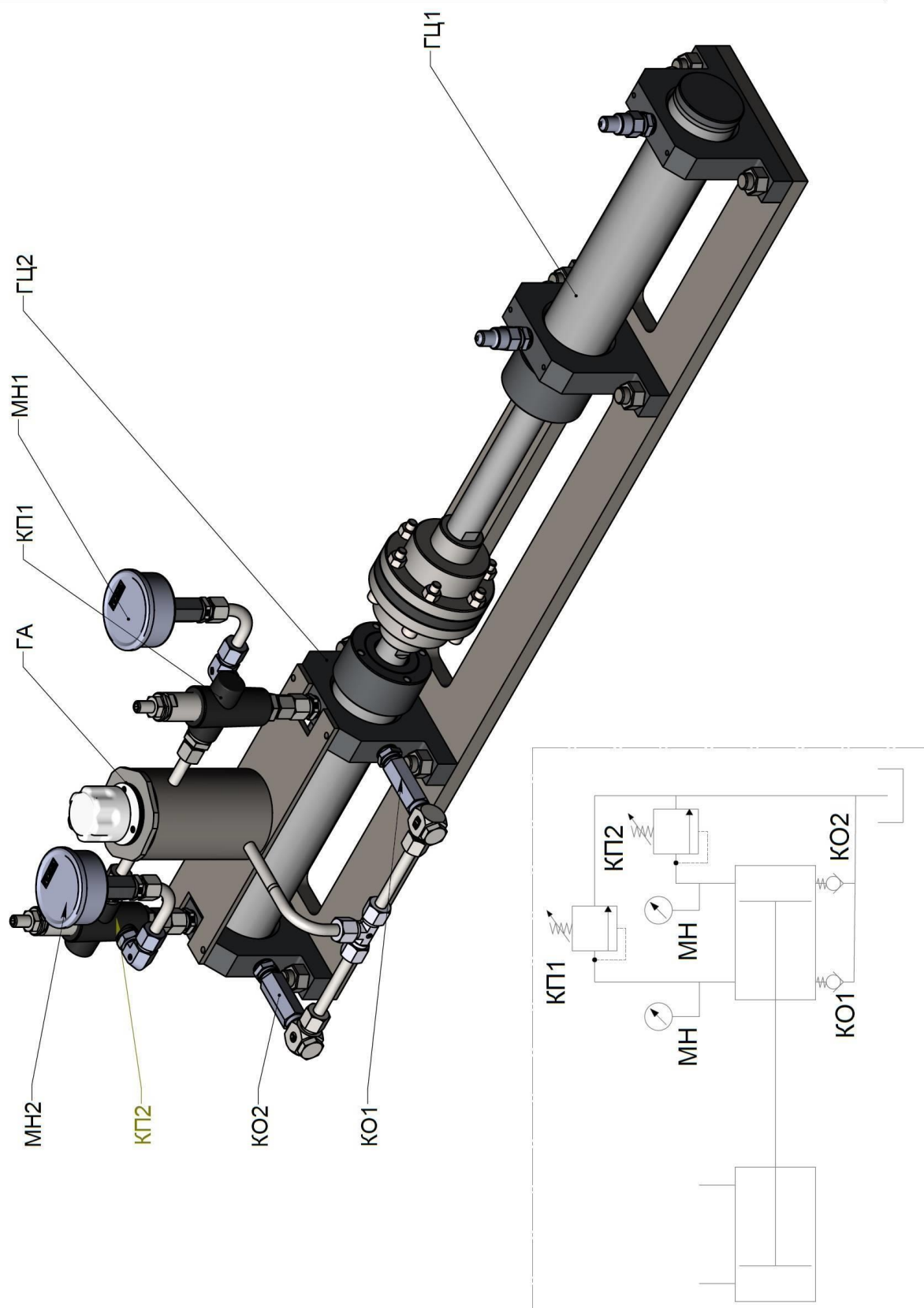


Рисунок 15 – Внешний вид и гидравлическая принципиальная схема нагружателя поступательного действия.



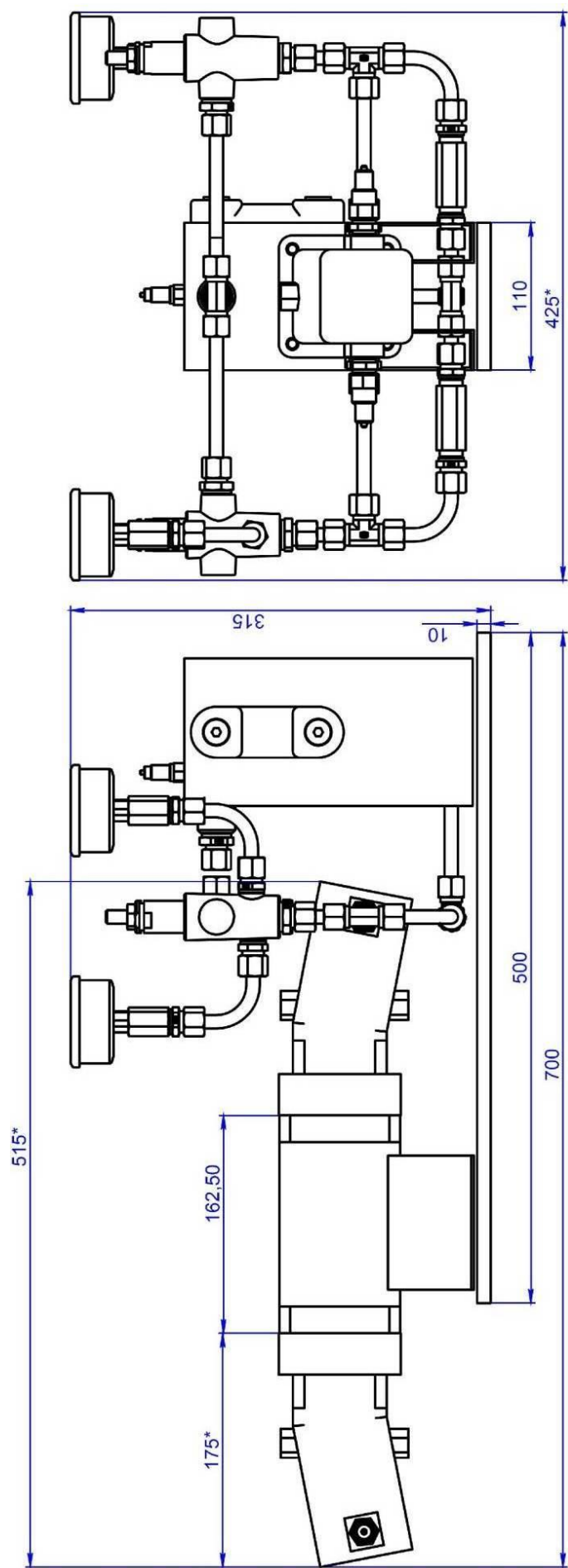


Рисунок 16 — Габаритный чертёж нагружателя вращательного действия

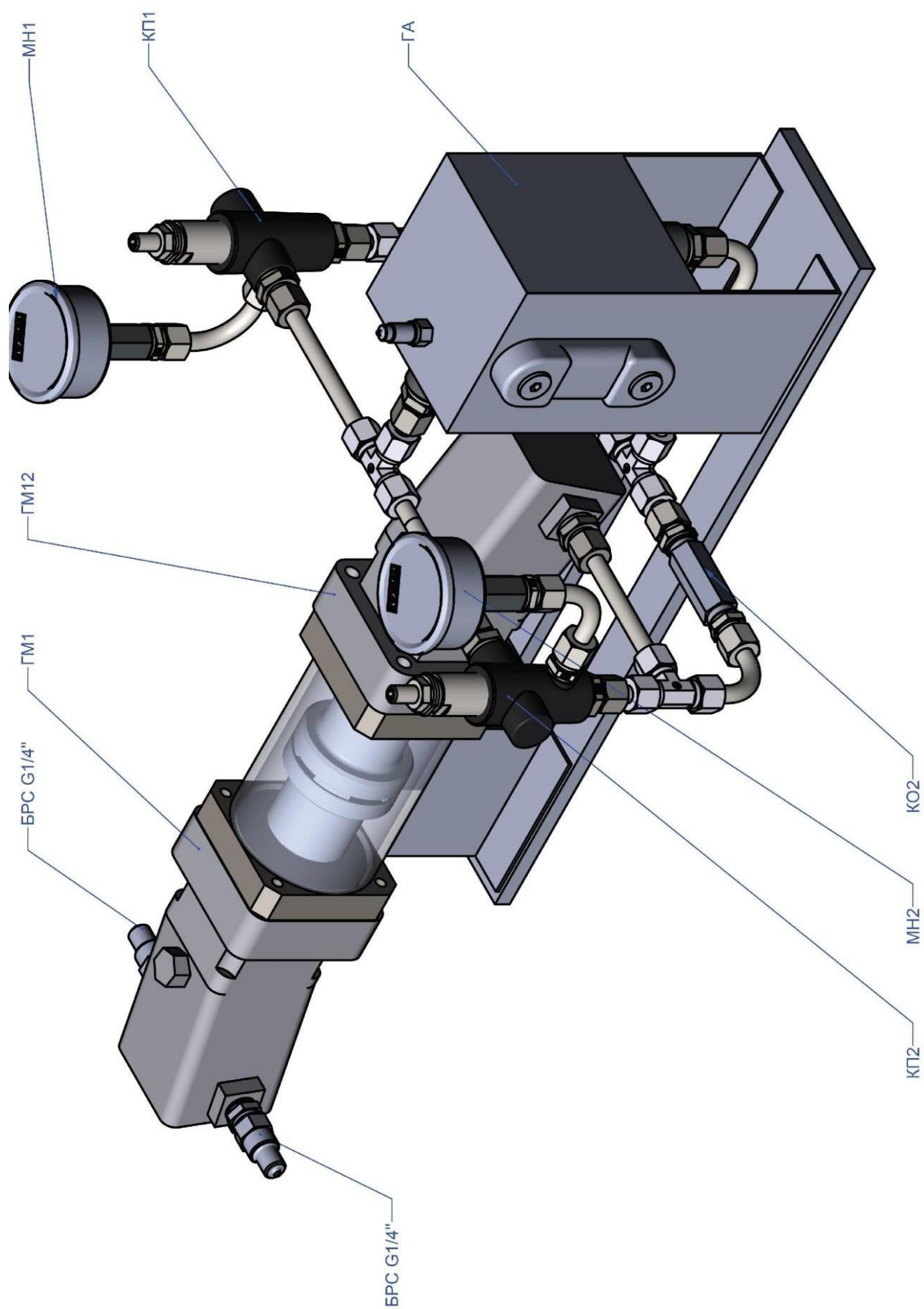


Рисунок 17 – Внешний вид нагружателя вращательного действия.

### 3 ПОДГОТОВКА УЧЕБНОГО СТЕНДА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Обеспечить необходимые меры безопасности: надежное заземление, герметичность гидравлических соединений. Убедиться в том, что все соединения питания изделия выполнены правильно, а все устройства защиты соответствуют номинальным величинам тока, напряжения и давления.

***Проверьте уровень гидравлической жидкости в баке гидравлической станции!***

При низком уровне необходимо долить жидкость, указанную в технических характеристиках станции. Подключите учебный стенд и гидравлическую станцию с помощью кабелей к электрическим розеткам.

<b>ВНИМАНИЕ!</b>	<i>Перед сборкой гидравлической схемы на стенде следует убедиться в отсутствии давления в гидравлической системе стенда. Давление на манометре должно быть не выше 0 МПа.</i>
------------------	---

Далее соберите гидравлическую схему согласно заданию к лабораторной работе. Присоединение гидравлических шлангов с быстроразъемными соединениями (далее БРС) должно быть герметичным, без потеков и потения рабочей жидкости.

При необходимости использования электрических элементов управления и/или программируемого логического контроллера (далее ПЛК), соберите электрическую схему согласно заданию.

<b>ЗАПРЕЩАЕТСЯ!</b>	<i>Соединять сети +24 В и 0 В проводом, без нагрузки! Это приведет к короткому замыканию. Всегда необходимо подключать нагрузку.</i>
---------------------	--

Подайте давление в гидравлическую схему путем включения насоса гидравлической станции. Контролируйте давление в системе с помощью манометра. При необходимости включите кнопку электрического питания.

После проверьте работу схемы согласно заданию. По окончании проверки или при необходимости внести изменения в схему выключите гидравлическую насосную станцию и электрику с помощью кнопки выключения электрического

питания. Далее разберите гидравлическую схему, отсоединив БРС коммутации гидравлических аппаратов.

Перечень возможных неисправностей изделия, которые могут быть устранены в процессе эксплуатации см. таблица 7.

Таблица 7 – Перечень возможных неисправностей учебного стенда при работе

Описание неисправности	Возможная причина	Способ устранения
Не выполняются команды от органов управления	Обрыв внешней электропроводки	Устранить обрыв
	Обрыв внутренней электропроводки	Связаться с производителем
	Неисправность органов управления	Связаться с производителем
	Неисправность контроллера	Связаться с производителем
Утечка жидкости	Нарушено герметичность соединения гидролинии	Обеспечить герметичность
Падение давления	Утечка жидкости из гидросистемы	Устранить утечку
	Засорен фильтрующий элемент	Заменить фильтрующий элемент
Не работает контроллер	Неисправен блок питания	Заменить блок питания
	Обрыв электропроводки	Устранить обрыв
	Неисправность контроллера	Связаться с производителем

#### 4. ЗАПУСК СТЕНДА И ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАЧ ПРИМЕНЕНИЯ

Для монтажа элемента на рабочем поле приложите элемент к профильной плите таким образом, чтобы пластиковый выступ и Т-образный болт с обратной стороны крепления попали в пазы панели и зафиксируйте элемент, закручивая рукоять крепления по часовой стрелке. Для демонтажа элемента слегка потяните

элемент на себя, перпендикулярно фронтальной панели стенда (см. Рис.2), раскручивая рукоять крепления против часовой стрелки.

Для подачи гидравлического питания присоедините гидравлический шланг с БРС к штуцеру с ключом БРС на УС. Подайте гидравлическое питание на УС от ГС. Подайте давление в собранную гидравлическую схему. Давление в системе контролируется при помощи манометра. Проверьте работу схемы, нажав на кнопку моностабильного 3/2 распределителя. По окончании проверки выключите гидравлическое питание схемы. Разберите гидравлическую схему, отсоединив рукава с БРС от штуцеров с БРС.

Для подачи электрического питания подключите электрический кабель с разъемом IEC C13 в разъем IEC C14 электрического модуля. Подключите шнур питания в сеть переменного тока напряжением 220 В. Подача электрического питания УС осуществляется кнопкой «POWER», находящейся на панелях модулей DID-A4-RCC-WR. Отображение наличия электрического питания осуществляется светодиодным индикатором.

<b>ВНИМАНИЕ!</b>	<p><i>Электрическое питание постоянного тока на учебном стенде разведено в сети +24 В и 0 В.</i></p> <p><i>Для подачи положительного потенциала достаточно соединить целевой контакт с любым контактом сети +24 В (контактные розетки этой сети красного цвета) проводами с безопасными разъемами.</i></p> <p><i>Для подключения к нулевому потенциалу (земле) так же необходимо проводом соединить целевой контакт с сетью 0 В (контактные розетки этой сети синего цвета).</i></p>
<b>ЗАПРЕЩАЕТСЯ!</b>	<p><i>Соединять сети +24 В и 0 В проводом, без нагрузки!</i></p> <p><i>Это приведет к короткому замыканию. Всегда необходимо подключать нагрузку.</i></p>
	<p><i>Для сигнала на входах/выходах контроллера цвета проводов следует выбирать исходя из логики работы программы:</i></p> <p><i>синий - если результатом (входным аргументом) является низкий логический уровень;</i></p>



<b>ВНИМАНИЕ!</b>	<p><i>красный - высокий логический уровень;</i></p> <p><i>зеленый - символизирует управляющий сигнал.</i></p> <p><i>Если в проекте необходимо задействовать аналоговый сигнал, то его обязательно нужно подключать зеленым проводом, чтобы различать аналоговые и дискретные цепи.</i></p>
------------------	--

Для подачи питания можно подключаться к любым контактам необходимых сетей, неважно, в какой части электрического модуля находятся контакты этой сети. При необходимости сделать узел в схеме можно соединить несколько безопасных разъемов в одной розетке, так как безопасный разъем одновременно сочетает в себе и штыревой, и гнездовой разъемы.

Подайте гидравлическое и электрическое питание, проверьте работоспособность схемы.

### ***Подключение электрических датчиков, смонтированных на быстросъемных креплениях стенда!***

Обозначения на электрических датчиках выбраны для построения электрических схем с общим минусовым проводом в целях обобщения приведенных значений к единому виду, поскольку некоторые датчики, например, датчики давления, имеют в своей конструкции только транзисторные *rnp*-выходы.

Обозначения на датчиках ни в коем случае не претендуют на единственно верные, поскольку некоторые датчики, например, концевые датчики, являются просто механическими переключателями – на их общие провода можно подавать как (+24) В, так и 0 В; однако рекомендуется использовать датчики согласно обозначениям, во избежание неправильного подключения.

<b>ВНИМАНИЕ!</b>	<p><i>При неправильном электрическом подключении весь риск по возможному выходу датчиков из строя.</i></p>
------------------	--

***Подключение ПЛК.*** Для установки связи ПЛК с компьютером, соедините кросс кабелем с разъемами J-45 с двух сторон сетевую плату компьютера с одним из двух гнездовых разъемов Ethernet на электрическом модуле DID-A4-LOGO или

<b>ВНИМАНИЕ!</b>	<i>При монтаже схемы на УС рекомендуется сначала собрать гидравлическую часть схемы, затем электрическую, и только после этого следует начинать процесс программирования.</i>
------------------	---

## 5. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Источником опасности при монтаже, эксплуатации и техническом обслуживании УС быть жидкость под давлением и электрический ток. При эксплуатации УС, в первую очередь, следует обеспечить правильный его монтаж, надежное закрепление и соединение с масляной станцией и электрической сетью. Безопасность работы обеспечивается эргономическими характеристиками данных изделий, их механической прочностью, герметичностью и высокими эксплуатационными характеристиками.

### 5.1 Действия в экстремальных условиях

При возникновении пожара в рабочем помещении, где должно эксплуатироваться УС первые действия обслуживающего персонала должны быть направлены на обесточивание изделия. После обесточивания изделия необходимо приступить к мероприятиям, предусмотренным документами, регламентирующими действия обслуживающего персонала при возникновении пожара, введенными в действие на объекте эксплуатации.

<b>ВНИМАНИЕ!</b>	<b><i>ПРИМЕНЕНИЕ ПЕННЫХ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ ПРИ НЕОБЕСТОЧЕННОЙ АППАРАТУРЕ НЕДОПУСТИМО!!!</i></b>
------------------	--

### 5.2 Действия при экстренной эвакуации обслуживающего персонала.

Экстренная эвакуация обслуживающего персонала выполняется в случае:

- Поступления команды от вышестоящей организации;

- Поступления информации и предупреждения по каналам массовой информации сообщения о предстоящем стихийном бедствии с угрозой жизни людей и необходимости вывода людей в безопасное место.

Действием при возникновении экстремальных ситуаций является эвакуация обслуживающего персонала, работающего с изделием в заранее оговоренное или безопасное место.

## **6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

Объем технического обслуживания включает нижеследующие виды мероприятий:

- Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) – подготовка составных частей изделия к использованию, устранение выявленных недостатков;
- Техническое обслуживание № 1 (ТО-1) – поддержание изделия в исправном (работоспособном) состоянии до подготовки к использованию или очередного технического обслуживания; контроль технического состояния и устранение выявленных недостатков;

Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)

Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) включает:

- Операции контрольного осмотра (КО);
- Принятие мер по устранению выявленных при КО недостатков;
- Удаление пыли с внешних поверхностей влажной салфеткой по ГОСТ 29298-2005.

При контрольном осмотре осуществляется:

- Проверка комплектности;
- Внешний осмотр для проверки отсутствия механических повреждений, надежного крепления узлов, блоков, исправности соединительных проводов, трубопроводов, кабелей питания и заземления;

- Проверка заземления, надежности присоединения кабелей и соединителей.

Контрольный осмотр проводится персоналом, эксплуатирующим изделие, без вскрытия его составных частей.

Техническое обслуживание № 1 (ТО-1)

Техническое обслуживание № 1 (ТО-1) включает:

- Операции ЕТО;
- Проверку всех гидравлических и электрических соединений (при необходимости заменить);
- Проверку всех креплений (при необходимости затянуть или заменить);
- Чистку элементов конструкции изделия сжатым воздухом.

Периодичность ТО-1 – не реже 1 раза в год.

Техническое обслуживание проводится персоналом, эксплуатирующим изделие, без вскрытия ее составных частей.

При проведении технического обслуживания требуется соблюдать меры безопасности в соответствии требованиями раздела «**МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**» настоящего учебного пособия. При проведении операций технического обслуживания изделие отключают от источников электропитания и гидравлической станции.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

## **ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА**

### **Цель работы:**

- Изучить основы функционирования, конструкцию, технические характеристики направляющей, регулирующей и силовой гидроаппаратуры.
- Приобрести практические навыки по разработке, сборке и определению конструктивных параметров основных элементов промышленного гидропривода.
- Закрепить теоретические знания по разделу «Устройства и элементы гидропривода».

### **Краткие теоретические сведения**

ГП и системы гидроавтоматики являются перспективным средством автоматизации производственных процессов. Такие системы имеют ряд преимуществ [1, 3] и открывают большие возможности для создания машин с улучшенными характеристиками:

- При передаче идентичной мощности гидромоторы более компактны (их габариты составляют 12-20 % от габаритов гидродвигателя), менее металлоемки, имеют более высокое быстродействие срабатывания.
- Простота выполнения бесступенчатого регулирования скорости движения и реверсированного прямолинейного движения с плавным разгоном и торможением.
- Автоматическая защита привода от перегрузки, простота смазки, монтажа, обслуживания.
- Способность развивать большие статические усилия и крутящие моменты.

Из недостатков гидравлических систем следует отметить нарушение стабильного режима работы из-за нагрева рабочей жидкости в процессе работы, наличие утечки рабочей жидкости, невозможность соблюдения точных переда-

точных соотношений, например в резьбонарезных цепях станков. Требуют серьезного изучения вопросы надежности элементов ГП и гидроавтоматики.

На рисунке 18 представлена структурная и принципиальная схемы типового ГП [26] подачи сверлильной головки, поясняющая принцип действия и взаимосвязь элементов ГП.

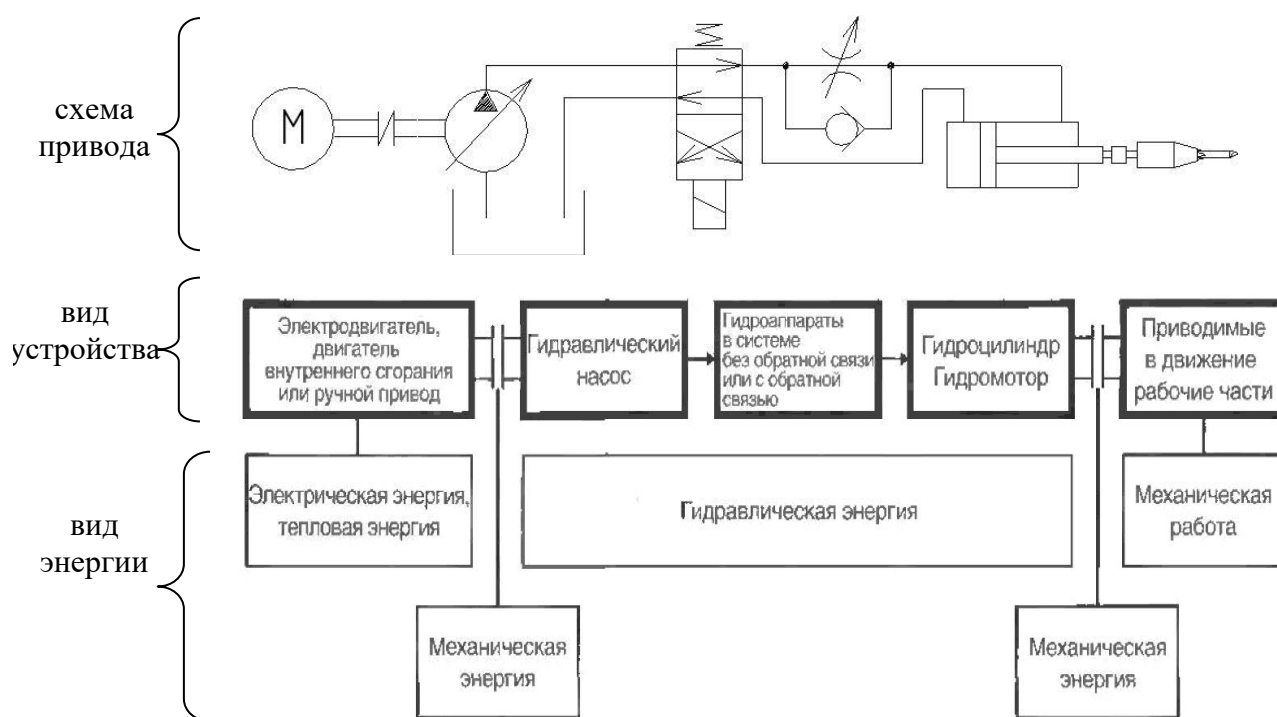


Рисунок 18 - Структурная схема объемного гидравлического привода

При изображении гидравлических схем принято использовать определенные условные обозначения для каждого из элементов, они определяют их функциональное и конструктивное назначение. Наиболее распространенные условные обозначения большинства элементов представлены в прил...., с остальными можно ознакомиться в соответствующем ГОСТе [4–6].

ГП – совокупность направляющей, регулирующей и вспомогательной аппаратуры, предназначенной для преобразования электрической и механической энергии в гидравлическую энергию силового потока (с параметрами  $P$ ,  $Q$ ) и затем дальнейшего преобразования ее в механическую энергию выходного звена.

Знание этих обозначений позволяет составлять принципиальные и гидравлические схемы, а главное, используется для общего ознакомления с разрабатываемым ГП.

В общем случае гидравлические системы объемного регулирования состоят из следующих типовых устройств:

➤ Объемные гидравлические машины

а) Исполнительные устройства: гидромоторы – устройства для преобразования гидравлической энергии жидкости в механическую энергию движения выходного звена (вращающегося – гидромоторы, возвратно-поступательного – силовые цилиндры);

б) Источники энергии: насосы – устройства для преобразования механической энергии входного звена (электродвигатель – насосы, ручной привод – помпы) в гидравлическую энергию жидкости;

➤ Гидроаппаратура

а) Регулирующие устройства для изменения и контроля параметров рабочей жидкости (давления и расхода), к ним относятся: напорные золотники, предохранительные клапаны, редукционные клапаны, подпорные клапаны, реле давления, дроссели, регуляторы расхода;

б) Управляющие устройства для изменения направления движения потока рабочей жидкости (различные распределители);

➤ Контрольно-измерительные приборы – устройства для контроля параметров потока рабочей жидкости (манометры, термометры, расходомеры, датчики температуры, датчики давления);

➤ Емкости, гидроаккумуляторы (резервные накопители энергии);

➤ Гидролинии – трубопроводы (жесткие и гибкие), обеспечивающие передачу энергии потока;

➤ Кондиционеры – устройства для стабилизации температуры рабочей жидкости (теплообменные аппараты, баки и т. д.);

➤ Вспомогательные устройства (фитинги, уплотнения, фильтры, резервуары и т. д.).

## Объемные гидравлические двигатели (гидроцилиндры)

Гидроцилиндры (далее по тексту ГЦ) – это простейшие по конструкции объемные гидромашины, предназначенные для выполнения линейных движений, а в сочетании с преобразующими механическими передачами типа «шестерня-рейка» или «винт-гайка» и для угловых перемещений.

На рисунке 19 представлен гидравлический цилиндр двухстороннего действия в двух положениях, когда давление подается в штоковую полость и поршень со штоком движется влево и когда давление подается в бесштоковую полость и поршень со штоком движется вправо, а из другой полости при этом масло сливается в гидробак.

Конструкция ГЦ зависит в основном от целей его применения. Неважно, где ГЦ находят свое применение - в станках, различных механизмах, гидротехническом строительстве с использованием стальных конструкций, в сталелитейном производстве или других случаях — для всех подобных задач созданы подходящие конструкции.

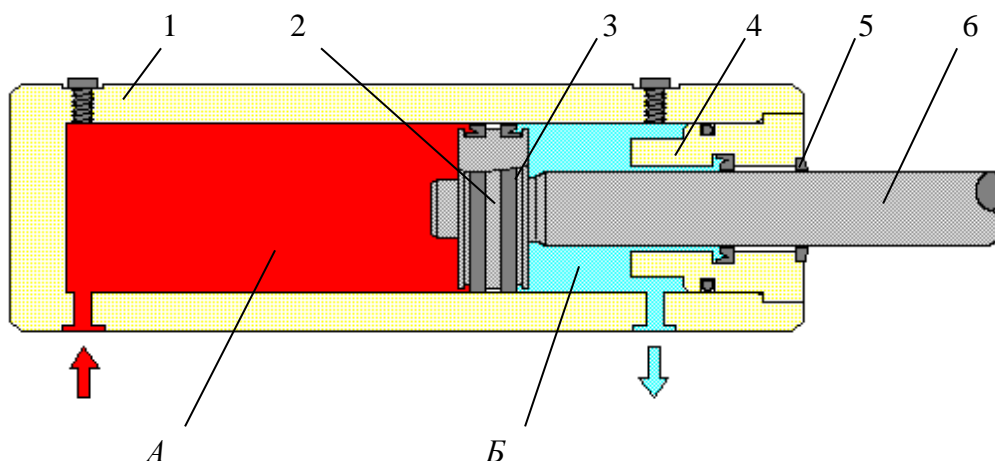


Рисунок 19 - Гидравлический цилиндр двухстороннего действия:

*а* – конструктивная схема; *б* – условное обозначение

Основой конструкции является гильза **1**, представляющая собой трубу с тщательно обработанной внутренней поверхностью. Внутри гильзы перемещается поршень **2**, имеющий резиновые манжетные уплотнения **3**, которые



предотвращают перетекание жидкости из полостей цилиндра **А** и **Б**, разделенных поршнем. Усилие от поршня передает шток **6**, имеющий полированную поверхность. Для его направления служит грундбукса **4**, закрепленная на резьбе с уплотнением **5**. С двух сторон в гильзе выполнены отверстия для подвода и отвода рабочей жидкости.

Уплотнение между штоком и крышкой состоит из двух манжет, одна из которых предотвращает утечки жидкости из ГЦ, а другая служит грязесъемником. На резьбовую часть штока крепится проушина или деталь, соединяющая ГЦ с подвижным механизмом [15].

Рассмотрим поршневой ГЦ с односторонним штоком (см. Рис.20). Основными параметрами поршневого ГЦ являются: диаметры поршня  $D$  и штока  $d$ , рабочее давление  $P$  и ход поршня  $S$ .

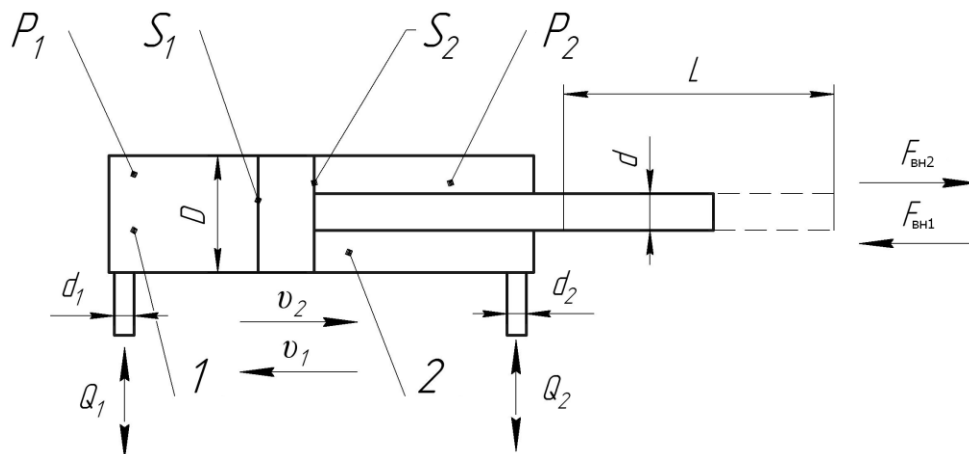


Рисунок 20 - Расчетная схема одностороннего гидроцилиндра

По основным параметрам можно определить следующие зависимости:

1) Площадь поршня  $S_1$  в поршневой полости 1 и в штоковой  $S_2$  полости 2 соответственно составляют:

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1)$$

$$S_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}. \quad (2)$$

2) Усилие, развиваемое штоком ГЦ при его выдвижении и втягивании соответственно:

$$F_{\text{âf } 1} = S_1 P_1 k_{\text{од}}, \quad (3)$$

$$F_{\text{âf } 2} = S_2 P_2 k_{\text{од}}, \quad (4)$$

где  $k_{\text{тр}} = 0,9\text{--}0,98$  – коэффициент, учитывающий потери на трение.

3) Скорость перемещения поршня:

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi D^2}, \quad (5)$$

$$v_2 = \frac{4Q_2}{\pi(D^2 - d^2)}. \quad (6)$$

### Выполнить самостоятельно!

1. Рассчитать ГЦ двухстороннего действия по следующим исходным данным:

- Номинальный расход ГЦ  $Q_{\text{ном}} = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$  (31,7 л/мин);
- Номинальное давление 6,3 МПа.

Остальные данные необходимо взять из результатов анализа замеров основных элементов макета одноштокового поршневого ГЦ.

2. Рассчитать следующие характеристики:

- Площади поршня в поршневой  $S_1$  и в штоковой полостях  $S_2$ ;
- Усилие, развиваемое штоком ГЦ при его выдвигении  $F_{\text{âf } 1}$  и втягивании  $F_{\text{âf } 2}$ ;
- Скорость перемещения поршня в прямом  $v_1$  и обратном  $v_2$  направлениях.

### Регулирующие устройства ГП (дрессели)

Регулирующие устройства (РУ) предназначены для изменения или поддержания на заданном уровне давления или расхода рабочей среды и, как следствие, развиваемой силы и скорости движения исполнительных механизмов. Основой обобщенной конструктивной схемы РУ и управляющих устройств (УУ) является запорно-регулирующий элемент, при перемещении которого частично или полностью перекрывается проходное сечение,

пропускающее поток рабочей среды. По конструктивному исполнению этого элемента (ГОСТ 17752–81) [6, 20] все устройства разделяют на золотниковые, крановые, клапанные, незолотниковые (сопло-заслонка, струйная трубка, струйные элементы).

Дроссель – это гидравлическое сопротивление, устанавливаемое на заданном участке гидролинии, для уменьшения мощности потока рабочей среды (снижается давление за дросселем) или для изменения расхода рабочей среды в целях регулирования скорости исполнительного механизма.

Проходное сечение дросселя существенно меньше живого сечения гидролинии. Если оно не изменяется, дроссель называют постоянным или нерегулируемым, если изменяется – дроссель регулируемый. По конструкции различают дроссельные шайбы или втулки, дроссели. Поскольку наиболее широкое распространение получили так называемые квадратичные дроссели, рассмотрим его принцип действия и основные элементы конструкции.

Представленный на рисунке 21 дроссель – регулируемый, объединен в модуль с обратным клапаном **3**. Расход масла в данной конструкции регулируется осевым смещением пробки **2** посредством рукоятки **4** в корпусе дросселя **1**.

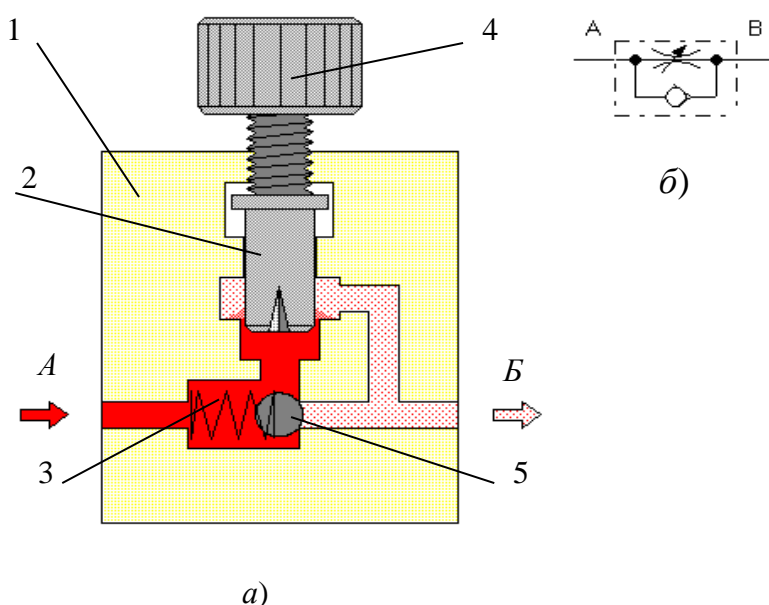


Рисунок 21 - Регулируемый дроссель с обратным клапаном:

*а* – конструктивная схема; *б* – условное обозначение

В результате чего изменяется проходное сечение на входе **А** и выходе **Б** из устройства. В таких дросселях, как правило, поток жидкости – турбулентный ( $Re > Re_{кр}$ ).

Расход через квадратичный дроссель определяют по формуле Бернулли [1, 11]:

$$Q_{\text{ид}} = \mu S \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta p} = \mu S \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \cdot \Delta p}, \quad (7)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода проходного сечения дросселя (0,6 – 0,72);

$S$  – площадь проходного сечения,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta p = p_1 - p_2$  – перепад давления, МПа;  $\rho$  – плотность рабочей жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Перепад давления на дросселе определяется по формуле потери давления на местном сопротивлении – уравнением Борда [12]:

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho \cdot v}{2}, \quad (8)$$

где  $\zeta$  – коэффициент местного сопротивления запорного элемента инерционного дросселя;

$v$  – скорость жидкости в проходном сечении дросселя,  $\text{м}/\text{с}$ .

Обратные клапаны – устройства, предназначенные для пропускания жидкости в одном направлении (см. Рис.22, поз. 5). В зависимости от формы и конструкции запирающего элемента клапаны бывают шаровые, с коническим затвором или золотникового типа [8]. Во всех конструкциях затвор **5** поджат к седлу пружиной **3**, рассчитанной на преодоление сил трения и его собственного веса.

### **ВЫПОЛНИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО!**

Рассчитать и построить расходно-перепадную характеристику регулируемого дросселя по формулам (7) и (8) по заданным параметрам:

- $\Delta p$  – перепад давления до и после дросселя, задается преподавателем;
- $\mu$  – коэффициент расхода дросселя, берется из справочника;

➤  $S$  – площадь проходного сечения дросселя, вычисляется по формуле [7]:

$$S = \frac{h^2 \operatorname{tg} \beta}{2 \sin^2 \alpha}, \quad (9)$$

где  $h$  – величина открытия дросселя, м;

$\alpha, \beta$  – геометрические параметры щели.

### Регулирующие устройства (клапаны)

В устройствах клапанного типа величина открытия проходного сечения изменяется от воздействия рабочей среды, проходящей через устройство.

Устройство клапанного типа или просто клапан, может иметь, золотниковый [16, 26] или клапанный (см. Рис.22) запорно-регулирующий элемент.

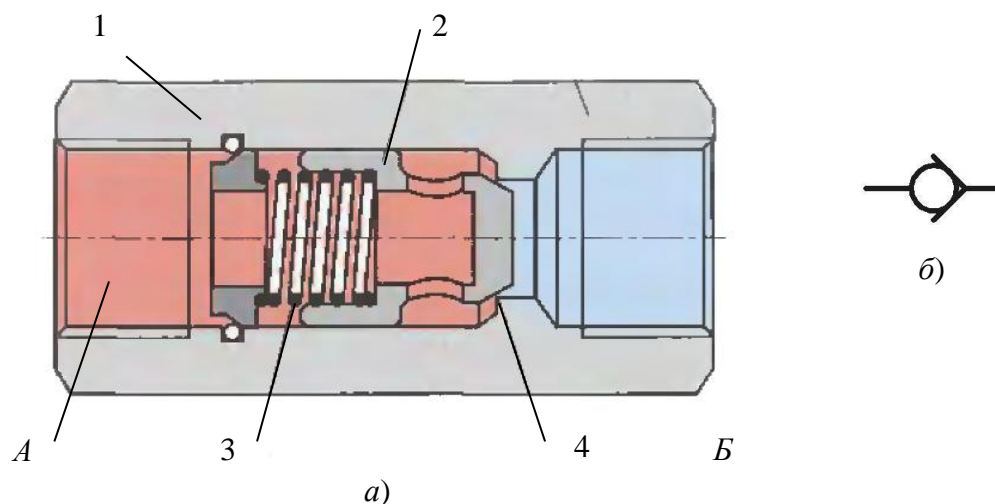


Рисунок 22 - Обратный клапан с клапанным запорно-регулирующим элементом:

$a$  – конструктивная схема;  $b$  – условное обозначение

Устройства, управляемые изменяемым внешним силовым воздействием на запорно-регулирующий элемент в целях получения заданного значения давления или расхода рабочей среды, называют регулируемыми. Если проходное сечение и силовое воздействие на запорно-регулирующий элемент могут быть изменены извне только в нерабочем состоянии гидроаппарата, устройство называют настраиваемым.

Во всех конструкциях, кроме клапана тарельчатого типа, затвор **2** в корпусе **1** поджат к седлу **4** (он же корпус здесь) пружиной **3**, рассчитанной на преодоление сил трения и собственного веса затвора.

Если направление потока изменяется, то, помимо пружины, в конструкциях шаровых клапанов с коническим затвором затвор плотно прижимается к седлу давлением жидкости, предотвращая обратный ток жидкости. Наилучшую герметичность при закрытом затворе создает сопряжение конусное или сферы и конуса.

Усложненная модификация таких устройств – обратный клапан с дистанционным управлением – гидрозамок [13], предназначенный для пропускания жидкости в прямом и обратном направлениях в момент воздействия управляющим сигналом по давлению.

### **Регулирующие устройства (клапаны давления)**

Такие устройства являются характерным примером клапана прямого действия плунжерного типа. Это многофункциональное устройство, позволяющее предохранять систему от перегрузки, поддерживать постоянное, ограниченное по максимальной величине давление, обеспечивать требуемое подпорное давление, например, исключать самопроизвольное опускание поршня при вертикальном расположении цилиндра [13, 19].

Принцип работы переливного клапана поясняется конструктивной схемой, изображенной на рисунок 23.

Кроме этого, переливной клапан может также изменять давление в магистрали поступления при помощи регулировочного винта **5**. Поворачивая винт **5** на сжатие пружины **4**, можно также уменьшить площадь кольцевого зазора между коническим пояском золотника **3** и корпусом **1**, что приведет к возрастанию давления в полости **Р**. Если ослабить пружину, давление в полости **Р** снизится.

Работает клапан следующим образом. Жидкость, поступающая из гидростанции по магистрали **Р** под высоким давлением, попадая в левую полость **А**

клапана, по щелевому кольцевому зазору между корпусом клапана 1 и коническим пояском золотника 3 вытекает в полость Б, соединенную со сливной магистралью Т. При этом часть высокого давления теряется за счет дросселирования жидкости в кольцевом зазоре, сливая часть основного потока жидкости в бак.

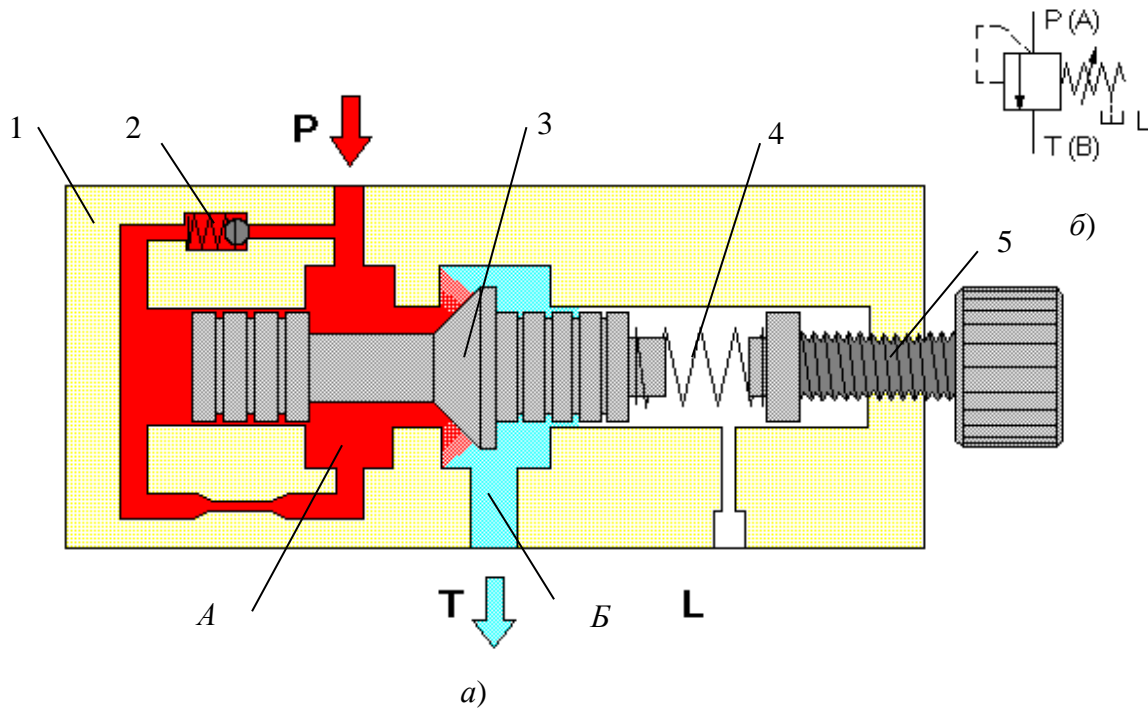


Рисунок 23 - Переливной клапан давления:

*a* – конструктивная схема; *б* – условное обозначение

Силовое равновесие золотника клапана обеспечивается за счет усилия пружины 4 с одной стороны и силой давления жидкости в торец дифференциального золотника в полости А. В общем случае уравнение равновесия золотника 3 (см. Рис.23) имеет вид [13]:

$$P_1 \cdot \frac{\pi d_3^2}{4} = cx + G \pm T, \quad (10)$$

где  $P_1$  - подводимое к золотнику давление, Па;

$d_3$ ,  $G$  - диаметр и вес плунжера, м и Н, соответственно;

$c$ ,  $x$  - жесткость и предварительное сжатие пружины, м;

$T$  - сила трения при перемещении золотника, Н.

Из уравнения (10) ясно, что если усилие, создаваемое давлением  $P$ , меньше усилия пружины 4, то плунжер будет прижат к левой части корпуса 1, а

полости **Р** и **Т** разобщены. При повышении давления **Р** в определенный момент плунжер перемещается вправо и соединяет полости **Р** и **Т**. При этом уменьшаются потери давления в зазоре, увеличивается расход жидкости через клапан и давление в полости **Р** восстанавливается до первоначального значения. При уменьшении давления в магистрали **Р** происходит обратный процесс. Таким образом, переливной клапан выполняет роль стабилизатора давления, поддерживая его постоянным в напорной магистрали.

### **Направляющие устройства (распределители)**

Устройства, предназначенные для подвода, отвода, изменения направления движения или перекрытия потока рабочей жидкости, относятся к так называемым распределителям.

По конструктивного признаку различают устройства золотникового и незолотникового типа. Первую группу можно классифицировать как золотниковые, крановые и клапанные распределители. К распределителям незолотникового типа относят устройства со струйной трубкой и типа «сопло-заслонка» [16, 22].

Наибольшее применение получили распределители золотникового типа [16, 23, 24]. Распределители широко применяют в качестве управляющих устройств и в следящем ГП.

Классифицируют гидравлические распределители следующим образом:

- По способу управления: с ручным, гидравлическим, пневматическим и электрическим;
- По количеству позиций: двух-, трех- четырехпозиционный (фиксированных положений распределительного элемента);
- По количеству гидравлических линий связи: одно-, двух- трехлинейные.

На рисунке 24 представлен гидравлический четырехлинейный трехпозиционный распределитель с ручным управлением. В нейтральном положении его выходные магистрали **А** и **В** закрыты, а напорная магистраль **Р** соединена со сливной магистралью **Т**. Распределительный элемент – плунжер **2** – имеет



внутреннюю проточку, позволяющую соединять в корпусе **1** рабочие окна **Т** и **Р** для подвода и отвода жидкости.

Изменением положения рукоятки **3** возможно переключение распределителя в крайнюю правую и левую позиции, которые удерживаются фиксатором **5**. Пружины **4** центрируют золотник распределителем **2** в нейтральном положении. В первом случае – линия напорной магистрали **Р** соединяется с выходным каналом **В**. Во втором случае – обеспечивается соединение напорной магистрали **Р** с выходным каналом **А**. Такой распределитель позволяет управлять двумя полостями через нейтральное положение, когда эти полости закрыты.

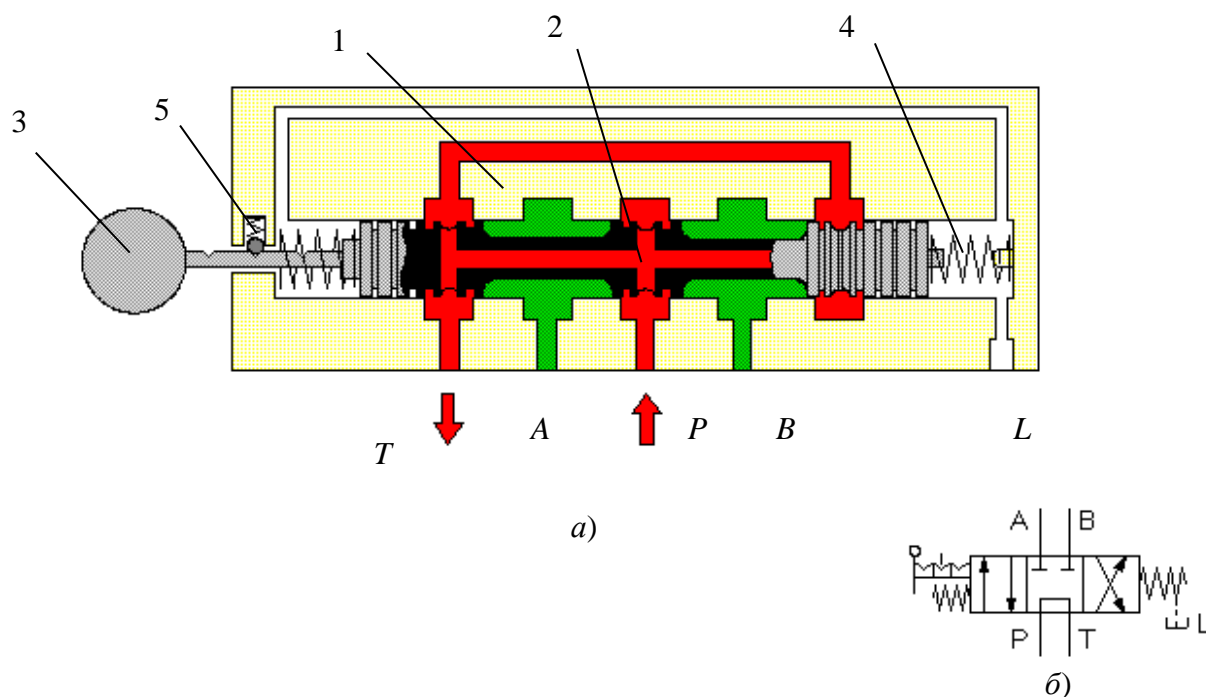


Рисунок 24 - Гидравлический распределитель 4/3 с ручным управлением и пружинным возвратом: *а* – конструктивная схема; *б* – условное обозначение

### Выполнить самостоятельно!

Для каждого из рассматриваемых типов гидроаппаратов: цилиндра, дросселя, клапана давления и распределителя по результатам их изучения заполнить требуемыми данными формы (см. прил.1).

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дайте определение ГП.
2. Назовите типы устройств систем ГП.
3. Каков принцип действия и конструкция ГЦ?
4. Объясните принцип действия и конструкцию регулирующих устройств ГП.
5. Каков принцип действия и конструкция направляющих устройств ГП?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПИТАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

#### Цель работы:

- Ознакомиться с работой питающей установки лабораторного стенда.
- Снять характеристики питающей установки.
- Изучить методики измерения объемного расхода жидкости.

#### Краткие теоретические сведения

Насос, применяемый в качестве гидравлической машины питающей установки, обеспечивает подачу рабочей жидкости, чаще всего минерального масла, в гидравлическую систему [23]. Действительная подача объемного насоса несколько меньше его геометрической подачи, определяемой рабочим объемом насоса и скоростью вращения приводного вала, на величину перетечек и утечек жидкости внутри насоса, а также уменьшения объема сжимаемой жидкости:

$$Q_n = Q_g - q(p) - q(n), \quad (11)$$

где  $Q_g$  – геометрическая подача насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q(p)$  – суммарный расход перетечек, утечек и сжатия жидкости, определяемый перепадом давления в магистралях насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q(n)$  – уменьшение геометрической подачи из-за неполного заполнения рабочих камер насоса жидкостью,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

В целях ограничения давления в напорной магистрали насоса его выход соединяется с баком питающей установки посредством переливного клапана, регламентирующего перетечки  $q_k(p)$ . Тогда уравнение подачи питающей установки принимает вид:

$$Q_{п.у} = Q_g - q(p) - q_k(p) - q(n). \quad (12)$$

Зависимость  $q_k(p)$  определяет подачу питающей установки в гидросистему.

В исследуемой питающей установке используется насос пластинчатого типа [1, 26]. В таких насосах вытеснителем жидкости являются пластины **3** (см. Рис.25, а). Внутренняя поверхность статора **1** насоса имеет специальный про-

филь, образованный дугами окружностей, описанных радиусами  $R_1$  и  $R_2$  из одного центра. Дуги сопрягаются между собой отрезками кривой (спирали Архимеда), обеспечивающей равномерное нарастание ускорения при выдвигении пластин **3**.

В корпусе насоса симметрично расположены две полости всасывания **В** и две полости нагнетания **Н**, поэтому за один оборот ротора **2** с пластинами **3** дважды происходит процесс всасывания и нагнетания.

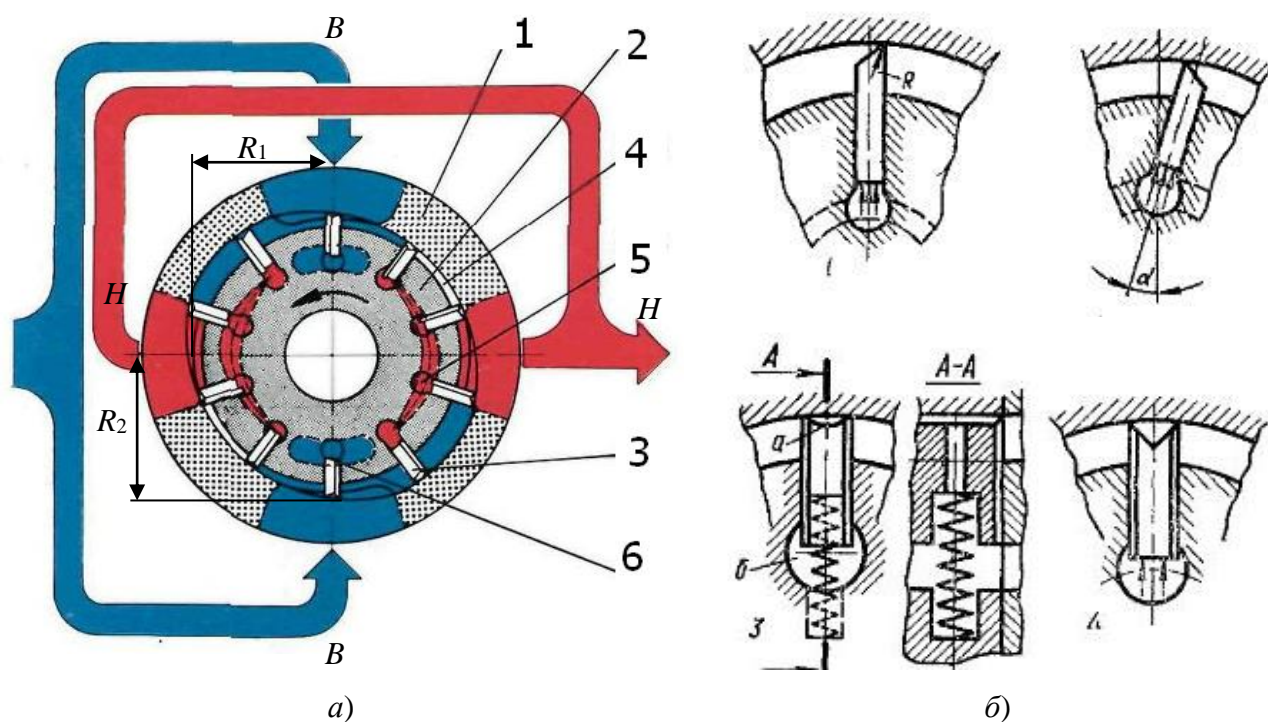


Рисунок 25 - Пластинчатая объемная гидромашина:

*а* – конструктивная схема; *б* – способы крепления пластин в роторе

Благодаря диаметрально противоположному размещению полостей **4** давление на ротор **2** уравнивается, а подшипники ротора полностью разгружены от гидравлических сил. Жидкость из линии **Н** подведена под полость **5** (из линии **В** в полость **6** соответственно) торцов пластин **3**, поэтому радиальное перемещение пластин и прижим их к статору **1** осуществляется не только центробежной силой, но и силой гидравлической (см. Рис.25, б).

При вращении ротора в указанном направлении пластины, расположенные в зонах **В** (на участках переходных кривых), отходят от центра ротора, в

результате чего объем **5** между пластинами **3** увеличивается – происходит процесс всасывания. Обратный процесс – нагнетание – будет иметь место в зонах Н, где пластины **3** отжимаются к центру ротора и объем **6** между пластинами уменьшается. Движение пластин в радиальном направлении отсутствует на участках статора, образованных дугами радиусов  $R_1$  и  $R_2$ .

Объем рабочей жидкости, подаваемый насосом за один цикл всасывания и нагнетания, приближенно принимают равным объему масляного кольца с радиусами  $r_1$  и  $r_2$  и высотой, равной ширине пластины [13]. Так как за один оборот ротора такой объем подается дважды, то

$$q_1 = 2\pi(r_2^2 - r_1^2)b, \quad (13)$$

где  $q_1$  – общий объем масла,  $\text{м}^3$ ;

$b$  – ширина пластины,  $\text{м}$ .

Из общего объема масла необходимо вычесть объем, занимаемый пластинами.

Если  $z$  – количество пластин,  $S$  – их толщина,  $\alpha$  – угол наклона пазов (до  $13^\circ$ ), то искомый объем:

$$q_2 = \frac{2bS(r_2 - r_1)^2 z}{\cos\alpha}. \quad (14)$$

Рабочий объем насоса:

$$q_n = q_1 - q_2 = 2b \left[ \pi(r_2^2 - r_1^2) - \frac{z \cdot S(r_2 - r_1)}{\cos\alpha} \right]. \quad (15)$$

Подача насоса:

$$Q_n = q_n n_n = 2b \cdot n_n \left[ \pi(r_2^2 - r_1^2) - \frac{z \cdot S(r_2 - r_1)}{\cos\alpha} \right]. \quad (16)$$

В гидроприводе широко применяются пластинчатые насосы двукратного действия типа БГ12-4 [1, 15]. Конструкция такого пластинчатого насоса приведена на рисунке 26. В корпусе **7** с крышками **1** и **8** находится статор **15** с профильной внутренней поверхностью.

Ротор **5**, в пазах которого установлены двенадцать пластин **16**, помещен на шлицах вала **11**, вращающегося в подшипниках.

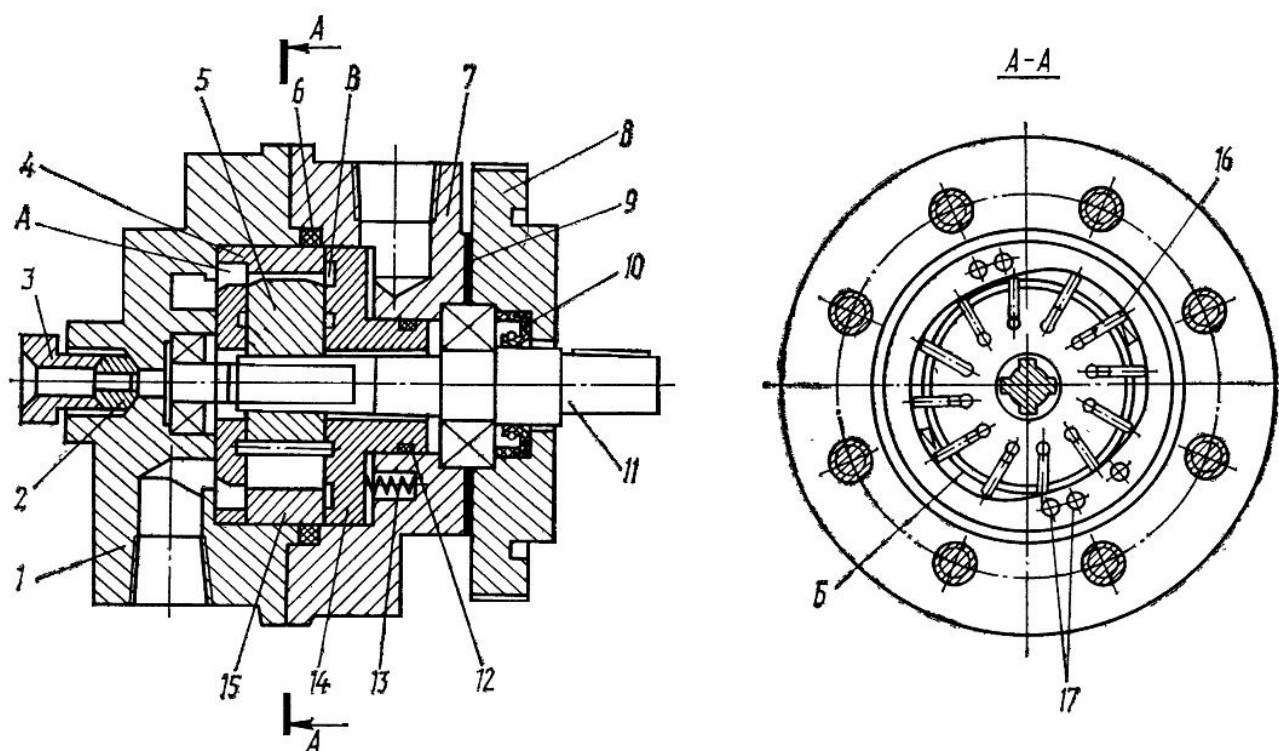


Рисунок 26 - Пластинчатый насос двукратного действия типа БГ12-4

К торцам статора прижаты плоский диск **4**, имеющий окна всасывания **А** и нагнетания **Б**, и диск **14** с шейкой. Диск **14** в начале работы насоса прижимается к статору пружинами **13**, а в процессе работы - давлением рабочей жидкости в полости нагнетания. Для двухстороннего подвода рабочей жидкости в рабочие камеры насоса в статоре имеются отверстия **17**, через которые рабочая жидкость поступает в глухие окна всасывания **В** в диске **14**. Уплотнение корпуса осуществляется уплотнительными кольцами **6**, **12**, манжетой **10** и прокладкой **9**. Для отвода утечек установлены кольцо **2** и штуцер **3**. В таблице 6 представлены характеристики и технические параметры однопоточных насосов двукратного действия типа БГ12 [14].

Типовая конструкция насосной станции приведена на рисунке 27. Насосная станция представляет собой единую конструкцию, в которой расположены бак **Б**, изготовленный из легкого сплава, с ребрами, которые придают конструкции бака большую жесткость, крышки бака для крепления насоса **Н**, электродвигателя **ЭД**, муфты насоса, сливного фильтра **Ф**, устройства для контроля

давления **М**, индикатора уровня масла **ИД**, резьбовой заглушки слива масла, воздушного фильтра [26].

Таблица 6. Технические параметры пластинчатых насосов типа БГ12

Параметр	БГ12-41Б	БП2-41А	БГ 12-41	БГ 12-42
Рабочий объем, см <sup>3</sup>	3,2	5	8	12,5
Номинальная подача, л/мин не менее	3,3	6	10,4	16,7
Давление на выходе из насоса, МПа:				
номинальное	10			
максимальное	12,5			
Абсолютное давление на входе, МПа	0,08–0,12			
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> :				
номинальная	1500			
максимальная	1600			
минимальная	600			
Мощность, кВт:				
номинальная	1,34	1,86	2,58	3,84
затрачиваемая при давлении	0,15	0,15	0,2	0,25
КПД при номинальном режиме:				
объемный	0,7	0,8	0,88	0,9
полный	0,4	0,53	0,65	0,71
Средний уровень шума, дБА, не более	72			

### Экспериментальная установка

Исследуемые объемный насос и электронный счетчик расхода жидкости включаются в гидравлическую систему в соответствии со схемой (см. Рис.28). Насос работает в составе питающей установки **НУ**, включающей электродвигатель **ЭД**, предохранительные клапаны **КП2**, **КП3**, емкость для рабочей жидкости **Б**, теплообменный аппарат **ТАО**, фильтры всасывающие **Ф1**, **Ф2**, сливной фильтр **Ф3**, клапаны обратные **КО1**, **КО2**, датчик температуры рабочей жидкости **ДТ**, заливную горловину с сапуном **ГЗ** с фильтром грубой очистки, указатель уровня жидкости **ИВ**. Настраиваемые предохранительные клапана **КП2**,

**КПЗ** ограничивает максимальное давление в гидросистеме от насосов **Н1**, **Н2**. Рабочее давление контролируется визуально по манометрам **МН2**, **МН3** соответственно.

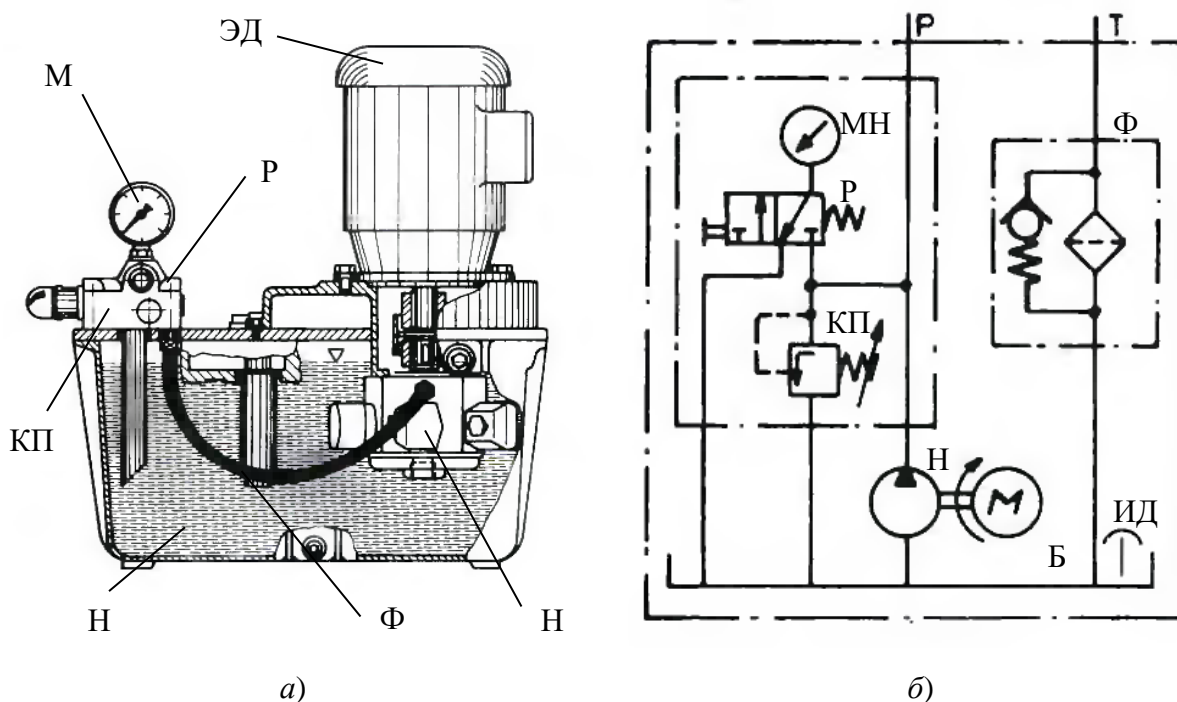


Рисунок 27 - Малогабаритная насосная станция:  
а – конструктивная схема; б – принципиальная схема

Регулируемый переливной клапан **КП1** реализует зависимость  $q_k(p)$ . Регулируемое гидравлическое сопротивление с помощью дросселя **ДР** является нагрузкой насоса **Н1** и определяет давление **p** в линии нагнетания. Распределитель **Р1** направляет подачу насоса в мерную емкость **МБ** или в бак насосной станции **Б**. Температура рабочей жидкости контролируется электрическим датчиком **ДТ**. Турбинный расходомер **РМ**, установленный в линии нагнетания, обслуживается комплектом аппаратуры, преобразующей сигнал в численные показания на мониторе прибора.



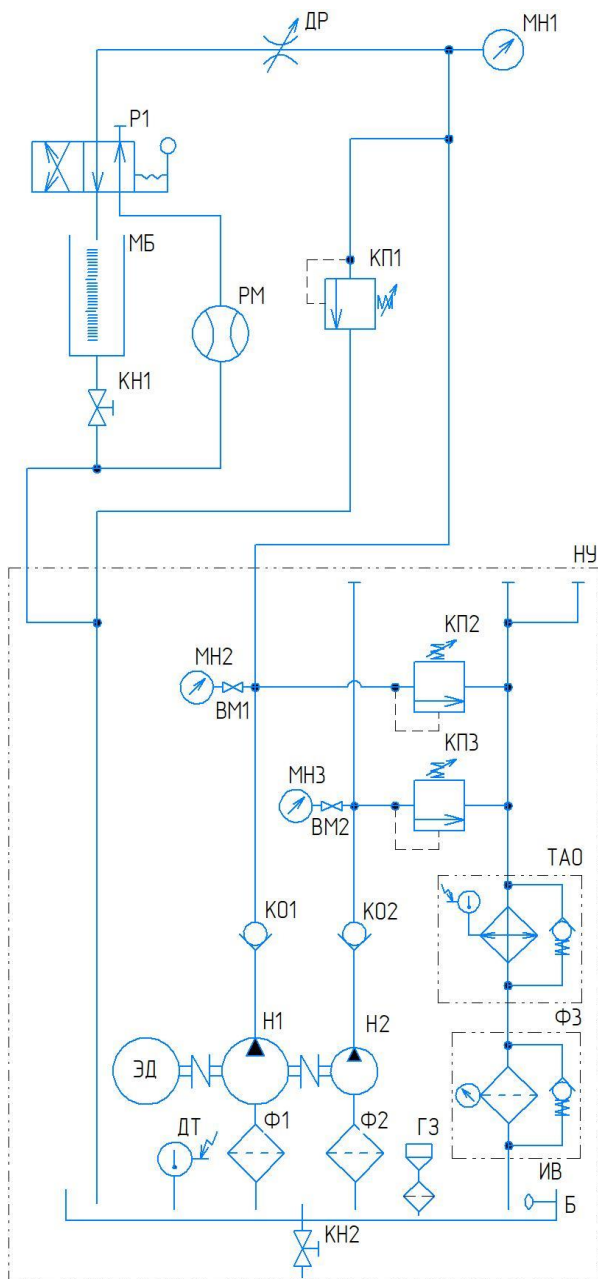


Рисунок 28 - Гидравлическая схема станда для исследования насосной станции.

## Порядок выполнения работы

- Включить насосную станцию при помощи кнопки-пускателя.
- Первый опыт провести при полностью открытом дросселе **ДР**. Далее, настраивая регулируемый дроссель **ДР**, создать нагрузку на питающей установке, ориентируясь по манометру **МН1**. Значения противодействия в напорной линии насоса задаются преподавателем.
- Для каждого из опытов, установив дроссель **ДР**, выполнить замеры при помощи расходомера **РМ** и мерного резервуара **МБ** (для больших и малых расходов соответственно). Записать результаты измерений в таблицу 6.
- Включить распределитель **Р1**, замерить объемным способом расход при более 75%-м перекрытии дросселем **ДР**. Зафиксировать время подъема жидкости, используя секундомер и мерный резервуар **МБ**. Кран шаровой **КН1** должен быть перекрыт до окончания опыта.
- По завершении опытов открыть дроссель **ДР** и кран **КН1**, выключить питающую установку **НУ**.

Таблица 6. Результаты измерений и вычислений основных параметров

№ п/п	Давление в напорной полости $P$ , МПа	Замеры расхода			Пока- зания ампер- метра $I_{\phi}$ , А	Рас- ход $Q$ , л/мин	Мощ- ность по- лез- ная $N_{\text{п}}$ , кВт	Мощ- ность насос. уста- новки $N_{\text{ну}}$ , кВт	КПД $\eta$ , %
		Показа- ния рас- ходомера $W$ , м <sup>3</sup> /с	Время $t$ , с	Объем $V$ , м <sup>3</sup>					
1									
2									
3									
4									
5									

### Обработка результатов эксперимента

В данной работе параметры питающей установки определяются по следующим зависимостям [25].

1) Полезная мощность определяется соотношением:

$$N_{\text{п}} = pQ, \quad (17)$$

где  $p$  – давление нагнетания, Па;

$Q$  – подача, определяется по жидкостному счетчику и секундомеру, м<sup>3</sup>/с.

2) Мощность на валу насоса:

$$N_{\text{в.н}} = N_{\text{эд}}\eta_{\text{эд}}, \quad (18)$$

где  $N_{\text{эд}}$  – мощность, потребляемая электродвигателем от сети, кВт;

$\eta_{\text{эд}}$  – КПД электродвигателя, принимаемый равным 0,78.

3) Полный КПД насоса, который учитывает все потери, определяется формулой:

$$\eta = \frac{N_{\text{н}}}{N_{\text{в.н}}}. \quad (19)$$

4) Объемный КПД можно найти по зависимости:

$$\eta_o = \frac{Q}{Q_n}. \quad (20)$$

5) По завершении лабораторной работы требуется снять семейство характеристик питающей установки  $Q_{\text{п.у}} = Q_{\text{п.у}}(p)$  для трех режимов настройки переливного клапана и построить тарифовочный график расходомера:

$$Q_d = k(Q) \cdot Q_n, \quad (21)$$

где  $Q_d$  – действительное значение расхода в линии, измеренное объемным способом;

$Q_n$  – приборное значение расхода, снимаемое с цифрового расходомера;

$k(Q)$  – функция чувствительности, которая при тщательной настройке аппаратуры может принимать значение  $k(Q)=1$ .

Результаты испытаний заносят в протокол и после математической обработки представляют в виде графиков. Для построения характеристик достаточно 6-8 экспериментальных точек в диапазоне изменения давления  $\Delta p_0 = 0-5$  МПа.

В зоне начала работы переливного клапана число точек должно быть не менее трех. Режимы настройки переливного клапана должны исключать полностью ослабленную и полностью поджатую пружину.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите на графике  $Q_{п.у} = Q_{п.у}(p)$  точку начала работы переливного клапана.
2. Чем обусловлены наклоны характеристик  $Q_{п.у} = Q_{п.у}(p)$  слева и справа от точки начала работы переливного клапана?
3. Что определяет давление в гидросистеме?
4. Как влияет переливной клапан на КПД гидросистемы?
5. Каковы могут быть последствия засорения фильтра, установленного во всасывающей магистрали насоса?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА РЕГУЛИРУЕМОГО ДРОССЕЛЯ

#### Цель работы

- Экспериментально определить коэффициент расхода регулируемого дросселя.
- Выявить степень влияния параметров настройки дросселя на его гидравлические характеристики.
- Закрепить знания по разделу «Гидроаппаратура» дисциплины «Гидропривод и средства автоматизации».

#### Краткие теоретические сведения

Дроссель представляет собой местное гидравлическое сопротивление, устанавливаемое на пути течения жидкости для регулирования ее расхода или создания сопротивления. В ГП дроссели применяются для регулирования скорости выходного звена гидродвигателей. Проходное сечение дросселя существенно меньше живого сечения гидролинии, и если оно не изменяется, дроссель называют постоянным (нерегулируемым), если изменяется – дроссель регулируемый. По конструкции различают дроссельные шайбы или втулки, дроссели [20].

Дроссели типа ПГ77-1 (см. Рис.29) состоят из следующих элементов [14]: корпуса **1**, втулки **2**, втулки-дросселя **3**, винта **4**, валика **6**, лимба **8**, контргайки **7**, пробки **11**, пружины **10**, указателя оборотов **5** и штифта **9**. Масло из гидросистемы подводится к отверстию «Подвод» аппарата, проходит через дросселирующую щель, образованную фасонным отверстием во втулке **2** и торцом втулки-дросселя **3**, и отводится через отверстие «Отвод». Расход регулируется путем осевого перемещения втулки-дросселя **3** с помощью винта **4** в одну сторону и пружины **10** - в противоположную. Винт поворачивается от лимба **8** через валик **6**.

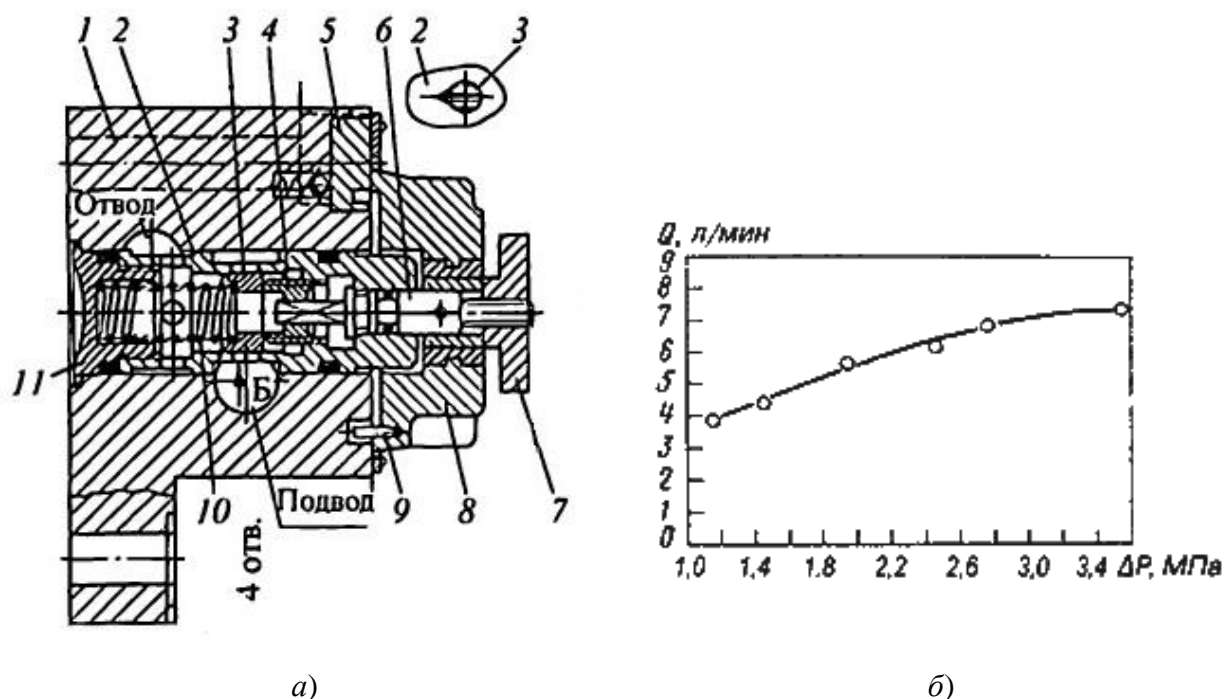


Рисунок 29 - Дроссель тип. ПГ77-11:

*a* – конструктивная схема; *б* – расходно-перепадная характеристика

Осевому перемещению втулки-дросселя соответствуют четыре оборота лимба, что позволяет плавно регулировать расход масла. После каждого полного оборота лимб с помощью штифта **9** поворачивает на угол оборота указатель **5**, на торце которого имеются цифры **1–4**; самопроизвольный поворот указателя предотвращает шариковый пружинный фиксатор.

Острые кромки по всему периметру дросселирующей щели практически исключают зависимость установленного расхода от температуры масла, а треугольная форма проходного сечения при малых открытиях уменьшает опасность засорения.

Расход жидкости через дроссель такого типа определяется соотношением [11]:

$$Q = \mu \omega \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta p}, \quad (22)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода дросселя;

$\omega$  – площадь дроссельной щели,  $\text{м}^2$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\gamma$  – удельный вес жидкости,  $\gamma=9000 \text{ Н/м}^3$ ;

$$\Delta p = p_1 - p_2, \quad (23)$$

здесь  $p_1$  – давление жидкости перед дросселем, Па;

$p_2$  – давление жидкости после дросселя, Па.

Коэффициент расхода дросселя из соотношения (22):

$$\mu_{\dot{y}} = \frac{Q_{\dot{y}}}{\omega_0 \sqrt{2g(p_{1\dot{y}} - p_{2\dot{y}})/\gamma}}. \quad (24)$$

При экспериментальном определении коэффициента  $\mu_{\dot{y}}$  значение площади  $\omega_0$  необходимо взять из таблицы 7 для числа делений  $K$  на лимбе дросселя, заданного преподавателем. Значения расхода  $Q_{\dot{y}}$ , давления  $p_{1\dot{y}}$  и  $p_{2\dot{y}}$  определяются экспериментально.

Таблица 7. Параметры настройки дросселя Г77-11

$K$	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\omega, \text{мм}^2$	2,15	2,9	3,6	4,2	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3

Для определения диапазона площадей  $\omega$ , при которых можно пользоваться зависимостью (22) с коэффициентом  $\mu = \mu_{\dot{y}}$ , строится график экспериментальной зависимости  $\Delta\check{p}(\omega)$  и расчетной величины перепада  $\Delta\check{p}_{\text{дросс.}}(\omega)$  давления  $p_1$  и  $p_2$  с использованием соотношений:

$$\Delta p_{\text{дросс.}}(\omega) = \frac{1}{2g\mu_{\dot{y}}^2} \gamma \left( \frac{Q_{\dot{y}}}{\omega} \right)^2 = \varphi_{\dot{y}} \gamma \frac{v^2}{2g}, \quad (25)$$

где  $\varphi_{\dot{y}} = \frac{1}{\mu_{\dot{y}}^2}$  – экспериментальное значение коэффициента местного сопротивления дросселя;

$v = \frac{Q_{\dot{y}}}{\omega}$  – средняя скорость движения жидкости в дроссельной щели, м/с.

Значение  $Q_3$  такое же, как и при определении коэффициента  $\mu_y$  по формуле (24). Значение площади  $\omega$  берут из таблицы 7 для числа делений  $K = 7 - 16$ .

### Экспериментальная установка

Принципиальная гидравлическая схема испытательного стенда, представленная на рисунке 30, состоит из насоса **Н1** работающего в составе питающей установки **НУ** (**Н2** не подключен), включающей электродвигатель **ЭД**, предохранительные клапаны **КП2**, **КП3**, емкость для рабочей жидкости **Б**, теплообменный аппарат **ТАО**, фильтры всасывающие **Ф1**, **Ф2**, сливной фильтр **Ф3**, клапаны обратные **КО1**, **КО2**, датчик температуры рабочей жидкости **ДТ**, заливную горловину с сапуном **ГЗ** с фильтром грубой очистки, указатель уровня жидкости **ИВ**. Настраиваемые предохранительные клапана **КП2**, **КП3** ограничивает максимальное давление в гидросистеме от насосов **Н1**, **Н2**. Рабочее давление контролируется визуально по манометрам **МН2**, **МН3** соответственно.

Также в состав стенда входят: распределители с ручным управлением **Р1**, **Р2**, дроссели **ДР1**, **ДР2**, мерный бак **МБ**, манометры **МН1**, **МН2**, кран шаровой 2/2 **КН1**, электронный счетчик расхода жидкости турбинного типа **РМ**.

При запуске электродвигателя **ЭД** насоса дроссели **ДР1** и **ДР2** должны быть открыты. Перепад давления на испытуемом дросселе **ДР1** задается с помощью подпорного дросселя **ДР2**. Давление перед дросселем **ДР1** контролируется манометром **МН1**, после - манометром **МН2**.

Расход дросселя **ДР1** можно измерить двумя способами: с использованием мерного бака **МБ**, куда жидкость подается при нажиме на рукоятку распределителя **Р2**. При открытии вентиля **КН1** жидкость сливается из мерного бака **МБ**. Другой способ - с использованием расходомера **РМ**, что приемлемо для больших расходов при открытии дросселя более 1/3.

Сила тока, потребляемая электродвигателем **ЭД** из электросети, измеряется специализированным устройством в шкафу насосной установки **НУ**.

Температура до и после дросселирования контролируется датчиком температуры **ДТ**.

## Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимы следующие действия. Открыть дроссели **ДР1** и **ДР2** (установить максимальное давление на шкале дросселя), распределитель **P1** включить, также подключить измеритель силы тока в электрическом шкафу насосной установки **НУ**. После включить электродвигатель **ЭД** привода гидравлического насоса.

На шкале испытуемого дросселя **ДР1** установить деление, заданное преподавателем. Дросселем **ДР2** по показаниям амперметра установить силу тока, значения которой задаются преподавателем. Записать показания манометров **MН1** и **MН2** в таблицу 8.

Таблица 8. Результаты измерений параметров при испытаниях

Замеренная величина	Количество делений на шкале испытуемого ДР1					
	$K_0$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
Давление $P_1$ до испытуемого дросселя, МПа						
Давление $P_2$ после испытуемого дросселя, МПа						
Показание по силе тока $I$ , А						
Объем жидкости в мерном баке, л.						
Время наполнения объема жидкости в мерном баке $t$ , с						
<b>Рассчитанная величина</b>	-	-	-	-	-	-
Площадь дроссельной щели, $S_{др}$ , мм <sup>2</sup>						
Перепад давления $\Delta P$ на дросселе, МПа						
Перепад давления $\Delta P$ расчетный, МПа						
Расход жидкости $Q$ , л/мин						

Для определения расхода испытуемого дросселя закрыть вентиль **КН1**. Распределителем **P2** направить поток жидкости в мерный бак **МБ**. Секундометром замерить время подъема уровня жидкости в мерном баке (объем жидкости задается преподавателем). Открыть вентиль **КН1** - выпустить жидкость из мерного бака.

Открыть дроссель **ДР2**, установить максимальное по величине деление на шкале. На шкале испытуемого дросселя **ДР1** установить одно из делений, заданных преподавателем. Дросселем **ДР2** создать сопротивление в гидролинии, тем самым обеспечив определенное значение силы тока на приводном двигателе.



ле насоса. При этом расход через дроссель **ДР1** будет такой же, как при установке шкалы дросселя на деление. Показания манометров **МН1** и **МН2** занести в таблицу 8.

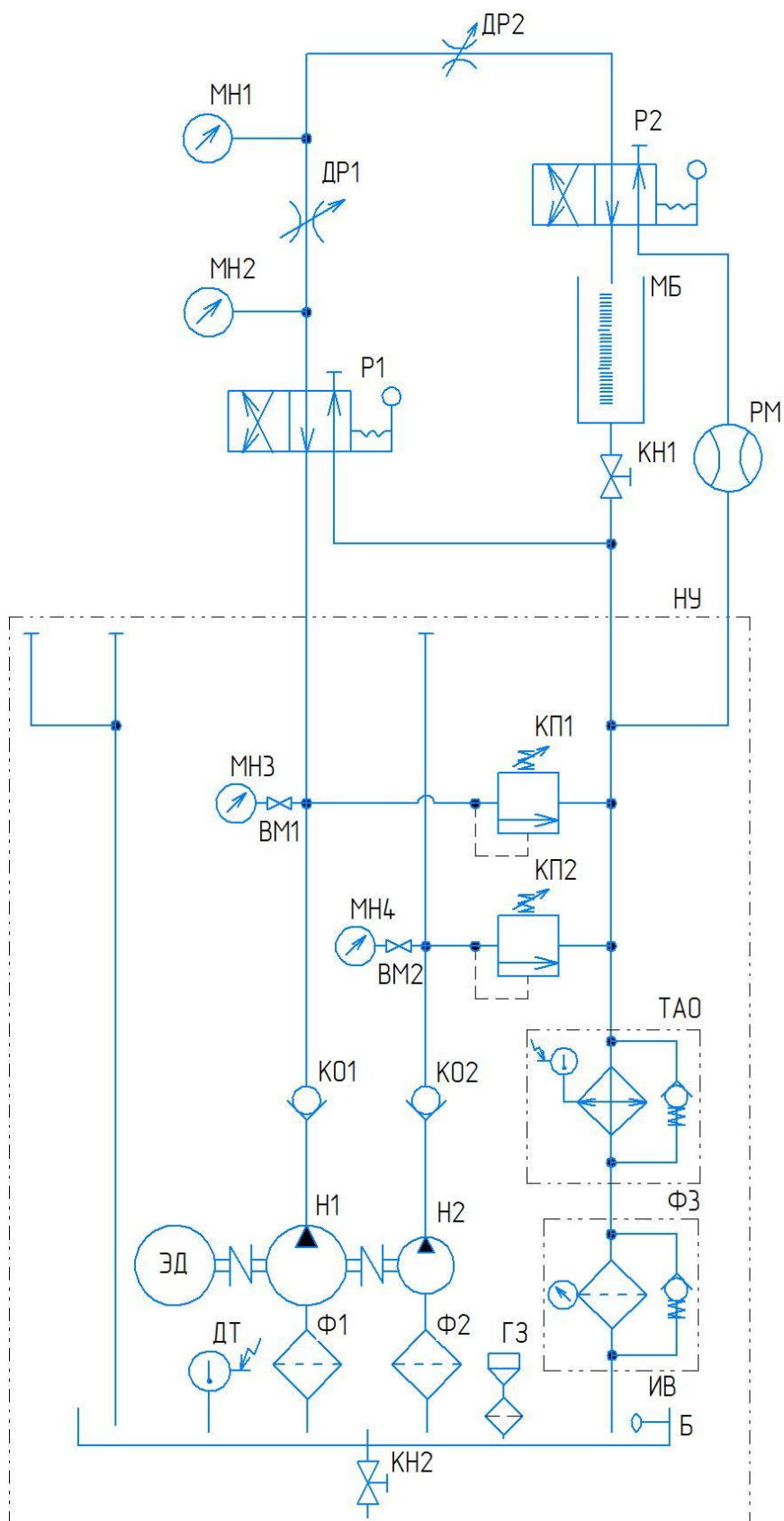


Рисунок 30 - Принципиальная гидравлическая схема испытательного стенда.

## Обработка результатов эксперимента

1) Расход испытуемого дросселя при заданном показании амперметра подсчитывается по формуле:

$$Q = \frac{\omega_{\dot{a}} h_{\dot{a}}}{t}, \quad (26)$$

где  $\omega_{\dot{a}} = 450 \text{ см}^2$  – площадь мерного бака;

$t$  – время подъема уровня жидкости в мерном баке на высоту  $h_{\dot{a}}$ , с.

2) Коэффициент расхода дросселя рассчитывается из выражения (24).

3) Число Рейнольдса при дросселировании [7]

$$\text{Re}(t) = \frac{2Q_{\dot{a}\delta}}{\pi d_{\dot{e}} \nu_t}, \quad (27)$$

где  $Q_{\text{др}}$  – расход жидкости, проходящей через дроссель,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\nu_t$  – коэффициент кинематической вязкости рабочей жидкости при температуре  $T_{\text{ср}}$  (определяется из номограммы в прил. 5),  $\text{м}^2/\text{с}$ .

4) Коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\zeta = \frac{2\Delta P S^2}{Q_{\dot{a}\delta}^2 \rho}. \quad (28)$$

Коэффициент расхода дросселя определить, пользуясь соотношением (24). Значение  $\omega$ ,  $p_1$  и  $p_2$  взять из табл. 3 и 4 для количества деления  $K_0$ .

Для определения диапазона давления с полученным значением коэффициента расхода построить, пользуясь соотношением (25), зависимость  $\Delta p_{\text{дрос.}}(\omega)$  (см. Рис.29, б).

Построить экспериментальную зависимость,  $\Delta p(\omega)$ , где  $\Delta p = p_1 - p_2$ ; воспользоваться данными табл. 4. Данные, необходимые для построения зависимости  $\Delta p_{\text{дрос.}}(\omega)$  и  $\Delta p(\omega)$ , свести в таб.9.

Таблица 9. Результаты обработки экспериментальных данных

№ п.п.	Параметры	Количество делений					
		$K_0$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
1	$\omega$ , мм <sup>2</sup>						
2	$\Delta p_{\text{расч}}$ , МПа						
3	$\Delta p$ , МПа						

На основании выполненных исследований сравнить коэффициент расхода дросселя  $\mu$ , найденный для дросселя Г77-11 экспериментально, с коэффициентом расхода для отверстия в тонкой стенке ( $\mu_{\text{отв}} = 0,62$ ). Установить, как зависит режим движения жидкости от настройки дросселя. Отметить совпадения или несовпадения расчетной  $\Delta p_{\text{дан}}(\omega)$  и экспериментальной зависимости  $\Delta p(\omega)$ , указать диапазон, в котором расход, рассчитанный по формуле (22) совпадает с расходом дросселей.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От каких параметров зависит коэффициент расхода дросселя?
2. Каким методом определяются расходно-перепадные характеристики дросселя?
3. Пояснить найденную экспериментально зависимость  $\Delta p(\omega)$ .
4. Из каких элементов состоит исследуемый дроссель и степень их влияния на гидравлические характеристики?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ДРОССЕЛИРОВАНИИ

#### Цель работы:

- Ознакомиться с принципами регулирования скорости рабочего органа линейного ГП.
- Приобрести навыки расчета ГП дроссельного регулирования.
- Изучить динамические характеристики ГП при последовательном дроссельном регулировании.

#### Краткие теоретические сведения

Основные кинематические характеристики исполнительных движений автоматизированного технологического оборудования [21] – перемещение, скорость, положение, направление – обеспечивают объемные гидромашины или специальные устройства гидроавтоматики: дроссели, направляющие и дросселирующие распределители, регуляторы потока, порционеры, делители, сумматоры потока и др.

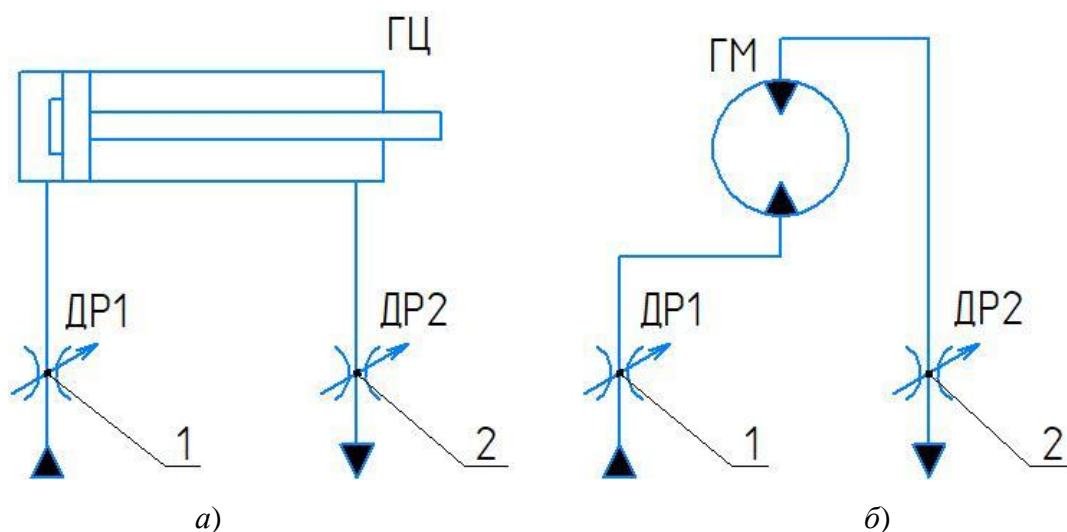


Рисунок 31 - Последовательное дроссельное регулирование:

а – для привода с гидроцилиндром; б – для привода с гидромотором;

1 – регулирование напорной гидролинии; 2 – регулирование сливной гидролинии

Обязательным условием является регулирование объема рабочей жидкости в реальном времени. Эту задачу решают, применяя машинное (объемное), дроссельное и ступенчатое регулирование расхода рабочей жидкости. Иногда используют комбинированные способы: машинно-дроссельное, ступенчато-дроссельное и др.

В данной лабораторной работе рассмотрен способ последовательного дроссельного регулирования объемного гидропривода: на входе (см. Рис.31, поз. 1) в гидродвигатель и на выходе (см. Рис.31, поз. 2).

Способ регулирования ГП на входе [1–3] обладает следующими особенностями:

- Высокий КПД в сравнении с другими дроссельными способами регулирования;
- Объемные потери в гидросистеме не влияют на скорость, так как имеется избыточный расход  $Q_{изб}$ , компенсирующий утечки;
- Привод работает с максимальной потребляемой насосом мощностью и не зависит от нагрузки  $F_n$ ;
- Рационально использовать при мощностях не более  $N = 2–3$  кВт;
- Не обеспечивает равномерное движение гидродвигателя, особенно при малых скоростях  $v < 1$  м/мин.

Другой способ регулирования ГП на выходе [1–3] имеет свои отличительные особенности:

- Обеспечивается более равномерное движение гидродвигателя, особенно при малых скоростях  $v < 1$  м/мин, но при этом заметно снижается КПД гидросистемы;
- Возможность исключения клапана противодавления и отвод выделяющегося тепла при дросселировании в бак;
- Настройка предохранительного клапана на максимальное давление нагрузки, что сопровождается интенсивным тепловыделением;
- Элементы ГД находятся под постоянным рабочим давлением, даже при холостом ходе.

## Экспериментальная установка

Экспериментальный стенд входит в состав учебного комплекса дисциплины «Гидропривод и средства автоматики», позволяет осуществлять не только макетирование гидросистем, но и проводить испытание гидроаппаратов, исследовать их статические и динамические характеристики [7, 11, 22]. Применение гидравлических, электрогидравлических электрических устройств, расположенных на переходных монтажных плитах, позволяет осуществить оперативную сборку-разборку гидросхем на наборном поле стенда при помощи быстроразъемных механических, гидравлических и электрических соединений.

Подробное описание учебного стенда представлено в пункте 2.

### Порядок выполнения работы

- По блок-схеме гидропривода (см. Рис.32) составить его принципиальную гидравлическую схему, используя элементную базу (см. Прил.3).

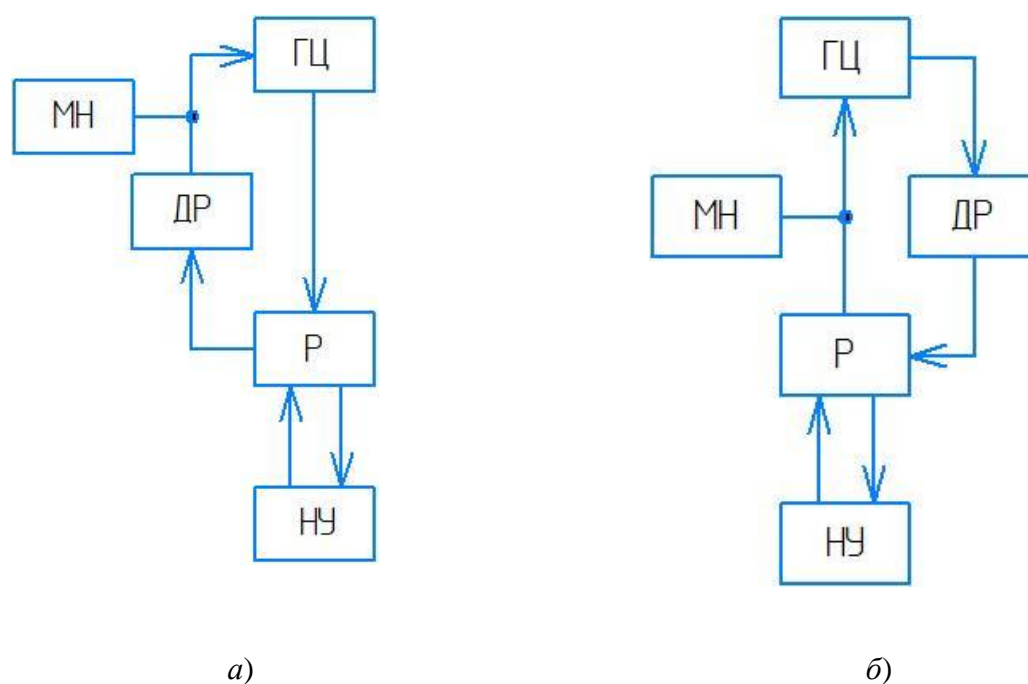


Рисунок 32 - Блок-схема структуры гидропривода с последовательным дроссельным регулированием: *а* – на входе; *б* – на выходе

- Выполнить макетирование составленной схемы на экспериментальном стенде, используя элементную базу.

Таблица 10. Сводная таблица данных из натурального эксперимента и параметров полученных по результатам вычислений

№ п.п.	Настр. ДР	Время перемещения, с				Скор. перемещ. $V_{п}$ , м/с	Сила то- ка, $I_A$ , А	Давление, МПа		
		$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_{ср}$			$P_1$	$P_2$	$P_3$
Установка на входе										
1										
2										
3										
...										
Установка на выходе										
1										
2										
3										
...										

- Отрегулировать необходимое давление НУ регулировочным винтом редукционного клапана НУ. Убедиться в работоспособности схемы, перекоммутировав распределитель при помощи рукоятки распределителя. Поршень гидроцилиндра должен двигаться свободно в обе стороны.
- Полностью закрыть дроссель регулировочным маховиком. Убедиться, что поршень не перемещается.
- Слегка приоткрыть дроссель маховиком (порядка 0,1 оборота), убедиться, что поршень движется в обе стороны. При помощи секундомера замерить время перемещения поршня. Замер произвести 3 раза и вычислить среднее арифметическое значение времени перемещения. Если одно из измеренных значений значительно отличается от остальных, его необходимо отбросить и повторить измерение. Измерить давление на манометре **МН1**. Результаты зафиксировать и занести в таблицу 10.

- Зарегистрировать настройку дросселя, ориентируясь на шкалу дросселя. Повернуть на один оборот маховик дросселя относительно риски против часовой стрелки, приоткрывая при этом проходное сечение дросселя. Повторить замеры времени и давления.
- Замерить время перемещения поршня до тех пор, пока регулировка не перестанет влиять на увеличение скорости перемещения поршня. Зафиксировать все результаты измерений, в том числе и последний.
- Построить графики зависимостей скорости, расхода, затраченной мощности и КПД от степени открытия дросселя (в оборотах открытия). Сделать выводы.
- Собрать схему регулировки скорости перемещения поршня с установкой дросселя на выходе ГЦ в соответствии с рисунком 32, а, поз. 2.
- Повторить действия в последовательности по п.п. 6-10 для схемы с регулировкой скорости с дросселем на выходе ГЦ.
- Сравнить способы регулирования скорости перемещения ГЦ для вариантов последовательной установки дросселя на входе и выходе. Сделать выводы об эффективности способов.

### Обработка результатов эксперимента

Скорость перемещения поршня вычисляется по выражению:

$$v_{\text{ГЦ}} = L/t, \quad (29)$$

где  $L$  –ход штока цилиндра, м;

$t$  – время его перемещения, с.

Расход жидкости в рабочей полости гидроцилиндра вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{ГЦ}} = \frac{V}{t}, \quad (30)$$

где  $V$  – объем рабочей полости гидроцилиндра, м<sup>3</sup>,

$$V = S_{\text{ГЦ}}L, \quad (31)$$

здесь  $S_{\text{ГЦ}}$  – площадь сечения рабочей полости цилиндра, м<sup>2</sup>.



Затраченная мощность ГП для выполнения необходимой работы [22] вычисляется как произведение давления, развиваемого насосной установкой, и ее максимального расхода:

$$N_z = p_{н.у} Q_{н.у}, \quad (32)$$

где  $p_{н.у}$  – давление насосной установки, МПа;

$Q_{н.у}$  – расход насосной установки, м<sup>3</sup>/с.

Энергетическая эффективность гидросистем, с учетом всех его элементов, определяется КПД, который может быть найден из соотношений:

$$\eta_{гп} = \frac{N_{п}}{N_z} = \frac{F v_{гц}}{p_{н.у} Q_{н.у}} = \frac{p_{гц} Q_{гц}}{p_{н.у} Q_{н.у}} \eta_{н.у} \eta_{гц}, \quad (33)$$

где  $N_{п}$  – полезная мощность, создаваемая гидроцилиндром, Вт;

$F$  – полезная нагрузка на штоке гидроцилиндра, Н;

$p_{гц}$  – давление жидкости в рабочей полости гидроцилиндра, МПа;

$\eta_{н.у} = 0,92$  – КПД насосной установки;

$\eta_{гц} = 0,9$  – КПД гидроцилиндра.

Для расчета полного давления, создаваемого в нагнетательной полости гидроцилиндра, воспользуемся уравнением Д. Бернулли для потока вязкой жидкости:

$$p_{ао} = p_{но} + p_{аеі} = p_{еса} + \frac{\rho \cdot v_{ао}^2}{2}, \quad (34)$$

где  $p_{ст}$  – гидростатическое давление, Па;

$p_{дин}$  – гидродинамическое давление, Па;

$p_{изб}$  – давление в напорной полости гидроцилиндра, Па;

$\rho$  – плотность рабочей жидкости, принимаем для индустриального масла  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>.

Поскольку измерить давление непосредственно в полости цилиндра затруднительно, особенно во время его движения, за статическое давление можно принять давление непосредственно перед входом в гидроцилиндр, допуская, что они несущественно отличаются.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить поведение функций полезной и затраченной мощности в зависимости от давления на входе.
2. Объяснить физический смысл объемного, гидравлического и механического КПД с точки зрения энергетической характеристики ГП.
3. Чему равен общий КПД нерегулируемого ГП?
4. Объяснить характер графика функции зависимости КПД ГП от давления на входе и выходе.
5. Чем объясняется значение КПД ГП при дроссельном способе регулировки скорости на входе и выходе?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРО- ПРИВОДА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ДРОССЕЛИРОВАНИИ

#### Цель работы:

- Ознакомиться с принципами регулирования скорости рабочего органа линейного ГП.
- Приобрести навыки расчета ГП дроссельного регулирования.
- Изучить динамические характеристики ГП при параллельном дроссельном регулировании.

#### Краткие теоретические сведения

ГП есть совокупность гидравлических устройств и машин, предназначенных для преобразования и передачи энергии на расстояние посредством жидкости [1, 3].

Основным эксплуатационным параметром ГП является его полезная мощность  $N_{\text{аи}}$ , которую можно определить по формулам:

- для гидроцилиндров

$$N_{\text{аи}} = F_{\text{i}} \cdot v_{\text{i}}, \quad (35)$$

- для гидромоторов (далее по тексту ГМ) и поворотных ГЦ:

$$N_{\text{аи}} = F_{\text{i}} \cdot v_{\text{i}}, \quad (36)$$

где  $F_{\text{i}}$  – усилие, преодолеваемое поршнем ГЦ, Н;

$v_{\text{i}}$  – скорость перемещения поршня ГЦ, м/с;

$\dot{I}_{\text{i}}$  – момент сопротивления на валу ГМ, Н/м;

$\omega_{\text{i}}$  – угловая скорость вала ГМ,  $\text{с}^{-1}$ .

Скорость выходного звена ГП ( $v_{\text{i}}$  и  $\omega_{\text{i}}$ ) определяется величиной подводимого расхода рабочей жидкости:

$$v_{\text{i}} = \frac{Q_{\text{а}}}{S_1}, \quad (37)$$

$$\omega_i = \frac{2\pi Q_{\dot{a}}}{q} \eta_i, \quad (38)$$

где  $Q_{\dot{a}}$  – расход, подводимый к ГД, м<sup>3</sup>/с;

$S_1$  – эффективная площадь ГЦ, м<sup>2</sup>;

$q$  – рабочий объем ГМ, м<sup>3</sup>;

$\eta_i$  – объемный КПД ГМ.

Таким образом, изменяя расход, подводимый к ГД, можно регулировать мощность, развиваемую ГП.

Дроссельное регулирование ГП осуществляется за счет частичного сброса жидкости от насоса в бак, минуя ГД.

Главным недостатком дроссельного способа регулирования ГП является его низкий гидромеханический КПД:

$$\eta_{\dot{a}\dot{i}} = \frac{N_{\dot{a}\dot{i}}}{N_{\dot{a}\dot{i}}}, \quad (39)$$

где  $\eta_{\dot{a}\dot{i}}$  – КПД гидропривода;

$N_{\dot{a}\dot{i}}$  – мощность на валу насоса, Вт.

Низкий КПД дроссельного способа регулирования объясняется тем, что часть жидкости, перекачиваемой насосом, сбрасывается на слив помимо ГД при высоком давлении, при этом происходит разогрев рабочей жидкости [8]. Кроме того, к существенному недостатку дроссельного регулирования относится неравномерность движения выходного звена ГП при переменной нагрузке на нем, если в качестве регулятора используется обычный дроссель.

Для устранения этого недостатка в ГП с дроссельным регулированием используются специальные устройства – регуляторы расходов (более подробно см. лаб. работу № 4).

При регулировании параллельным дросселированием, в соответствии со схемой на рисунке 33, весь расход от насоса делится на две части:

$$Q_i = Q_{\dot{a}} + Q_{\dot{н\acute{e}}}, \quad (40)$$

где  $Q_i$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\text{нэ}}$  – расход, сбрасываемый на слив через регулирующий дроссель, м<sup>3</sup>/с.

В этом случае полезная мощность насоса может быть определена по формуле:

$$N_i = p_i Q_i = p_i (Q_a + Q_{\text{нэ}}), \quad (41)$$

где  $p_i$  – давление, развиваемое насосом, Па.

Из выражения (41) очевидно, что теряемая мощность при регулировании параллельным дросселированием может быть определена по формуле:

$$N_{\text{ддд}} = p_i Q_{\text{нэ}}. \quad (42)$$

Коэффициент полезного действия данного способа регулирования находят по выражению:

$$\eta_{\text{ддд}} = \frac{N_a}{N_i} = \frac{(Q_i - Q_{\text{нэ}}) p_i}{Q_i p_i} = \frac{Q_i - Q_{\text{нэ}}}{Q_i}. \quad (43)$$

Из выражения (43) видно, что чем в больших пределах производится регулирование скорости параллельным дросселированием, тем меньше его КПД.

### Экспериментальная установка

Лабораторный стенд, принципиальная гидравлическая схема которого представлена на рисунке 33, позволяет осуществить экспериментальные исследования параллельного дроссельного регулирования.

Стенд состоит из насоса **Н1** работающего в составе питающей установки **НУ** (**Н2** не подключен), включающей электродвигатель **ЭД**, предохранительные клапаны **КП2**, **КП3**, емкость для рабочей жидкости **Б**, теплообменный аппарат **ТАО**, фильтры всасывающие **Ф1**, **Ф2**, сливной фильтр **Ф3**, клапаны обратные **КО1**, **КО2**, датчик температуры рабочей жидкости **ДТ**, заливную горловину с сапуном **ГЗ** с фильтром грубой очистки, указатель уровня жидкости **ИВ**. Настраиваемые предохранительные клапана **КП2**, **КП3** ограничивает максимальное давление в гидросистеме от насосов **Н1**, **Н2**. Рабочее давление контролируется визуально по манометрам **МН2**, **МН3** соответственно.



Параллельно насосу установлен дроссель **ДР**, используемый при регулировании скорости выходного звена. Распределитель **Р** предназначен для управления направлением движения исполнительным гидродвигателем – гидроцилиндром **ГЦ**. Контроль параметров по величине давления осуществляется по манометрам – **МН1**, **МН3** и **МН4**, установленных после насоса, в напорной и сливной линиях гидроцилиндра соответственно.

Возврат в первоначальное положение гидроцилиндра **ГЦ** выполняется с помощью конечного выключателя **ВК** при его полном выдвижении. Исследования могут проводиться при различных нагружениях выходного звена с использованием грузов массой **m**. Оценка перемещения штока гидроцилиндра ведется с использованием линейки (см. Рис.33).

В начальном положении на электромагниты **YA1**, **YA2** распределителя **Р** не должно подаваться напряжение. Золотник распределителя должен находиться в центральной позиции.

### **Порядок выполнения работы**

- Запустить ГС стенда.
- Распределителем **Р** перевести поршень гидроцилиндра **ГЦ** в исходное положение вверх (если он находится в промежуточном положении).
- Прикрывая дроссель **ДР**, по манометру **МН1** установить давление, заданное преподавателем (до 9 МПа). Шток **ГЦ** при этом должен быть неподвижным.
- Показания всех манометров **МН1**, **МН3**, **МН4** и силы тока (\*) записать в таблицу 7.
- Приоткрывая дроссель **ДР**, установить по манометру **МН3** новое значение давления (задается преподавателем). Переключить распределитель **Р** в левое положение. В момент, когда шток **ГЦ** начнет выдвигаться, одновременно включить отсчет времени секундомером.
- При достижении штока цилиндра **ГЦ** крайнего верхнего положения выключить секундомер и вернуть шток **ГЦ** в исходное положение.

- Записать показания секундомера, манометров и прибора, показывающего силу тока в таблицу 7.
- Вернуть штока цилиндра ГЦ в исходное положение. Для этого установить распределитель Р в правую позицию, после чего установить его в центральное положение.
- Выполнить вышеуказанные действия при различных показаниях манометра МНЗ, вплоть до полного открытия дросселя ДР.
- Выключить ГС, обесточить пульт управления стенда.

Таблица 7. Результаты эксперимента

№ п.п.	Настр. ДР	Время перемещения, с				Сила тока, I <sub>A</sub> , А	Давление, МПа		
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>ср</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
1									
2									
3									
...									

### Обработка результатов эксперимента

Используя полученные экспериментальные данные, рассчитать энергетические параметры гидропривода.

#### 1) Скорость движения поршня

$$v = \frac{L}{t}, \quad (44)$$

где  $L$  – длина хода, м;

$t$  – время хода, с.

#### 2) Нагрузка на поршне при выдвижении штока

$$F = P_{\text{пд}} S_1, \quad (45)$$

где  $P_{\text{пд}}$  – противодействие на поршне (показания манометра 7(3);

$S_1$  – эффективная площадь поршня со стороны противодействия (площадь поршня со стороны штоковой полости)

$$S_1 = \frac{\pi d_i^2}{4}, \quad S_2 = \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4}, \quad (46)$$



здесь  $d_{\text{п}}$  и  $d_{\text{ш}}$  – диаметр поршня и штока гидроцилиндра, равные 50 и 20 мм соответственно.

3) Полезная мощность, развиваемая гидроприводом

$$N_{\text{п}} = F_{\text{п}} v_{\text{п}},$$

4) Затраченная мощность (мощность на валу насоса)

$$N_{\text{з}} = N_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{гп}}, \quad (47)$$

где  $N_{\text{з}}$  – затраченная мощность гидропривода, кВт;

$N_{\text{э}}$  – потребляемая мощность электродвигателя, кВт;

$\eta_{\text{э}}$  – КПД электродвигателя (принять равным  $\eta_{\text{эд}} = 0,98$ ).

$$N_{\text{э}} = 3 I_{\text{А}} U \cos \varphi, \quad (48)$$

где  $I_{\text{А}}$  – показания амперметра;

$U$  – напряжение питающей сети (принять равным  $U = 380$  В);

$\cos \varphi = 0,75$  – коэффициент, учитывающий шунтирующее сопротивление.

5) КПД гидропривода:

$$\eta_{\text{гп}} = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{з}}}. \quad (49)$$

6) По результатам расчетов заполнить таблицу 12.

Таблица 12. Результаты обработки экспериментальных данных

№ п.п.	Скорость поршня $v$ , м/с	Нагрузка $F$ , Н	Полезная мощность, $N_{\text{п}}$ , кВт	Затраченная мощность $N_{\text{з}}$ , кВт	КПД гидропри- вода $\eta$ , %
1					
2					
3					
...					

По результатам проведенной работы дать краткую характеристику способа регулирования параллельным дросселированием. Построить графики функций  $v = f(F)$ ,  $\eta = f(F)$ ,  $\eta = f(v)$ , используя данные табл. 8.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем особенности способа регулирования выходного звена ГП параллельным дросселированием?

2. Какие меры принимаются во избежание неравномерности движения выходного звена ГП при переменной нагрузке при дроссельном регулировании?

3. Объяснить характер графиков зависимостей  $v = f(F)$ ,  $\eta = f(F)$ ,  $\eta = f(v)$  при параллельном дросселировании.

4. В чем отличие регулирования скорости выходного звена при различных способах дросселирования?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОМОТОРА

#### Цель работы:

- Изучить конструктивную схему аксиально-поршневого ГМ и его основные характеристики.
- Ознакомиться с принципами регулирования и стабилизации скорости выходного звена ротационного ГП.
- Экспериментально определить основные характеристики ГП в зависимости от режимов его нагружения.

#### Краткие теоретические сведения

Наибольшее распространение в гидроприводостроении получили объемные ротационные ГД, особенно машины аксиально-поршневого типа с наклонным диском. Рассмотрим конструкцию такой аксиально-поршневой гидромашины [14, 15] на примере ГМ Г15-2 (см.Рис.34).

Отличительной особенностью ГМ с наклонным диском является двойной ротор, состоящий из блока цилиндров **2** и направляющей **4**. В блоке цилиндров расположены поршни **3**, а в направляющей – толкатели **5**, находящиеся в точечном контакте со специальным упорным шариковым подшипником **8**, закрепленным в передней крышке **6**. Вращающий момент, затрачиваемый на преодоление сил трения в торцевом распределителе и сил инерции цилиндрического блока, передается с направляющей на блок цилиндров посредством штифта **10** при подаче жидкости в каналы **12**.

Благодаря этому блок цилиндров разгружен от радиальных составляющих сил давления жидкости со стороны поршней. На выходном валу **7** блок цилиндров центрируется только узким пояском, что позволяет ему самоустанавливаться по плоскости распределения. Первоначальный поджим блока цилиндров к распределителю осуществляется тремя пружинами **9**, а во время работы

– силами давления жидкости на торцевые поверхности цилиндров блока. Наружные утечки из корпуса **11** отводятся через дренажное отверстие. Выходной вал установлен на шарикоподшипниках, задний из которых расположен в крышке **1**, выполняющей роль распределительного диска узла торцевого распределения **14**. Высокое удельное давление в месте контакта сферических поверхностей толкателей и упорного шарикоподшипника ограничивает допустимое номинальное давление в таких гидромоторах до  $p = 6,3$  МПа.

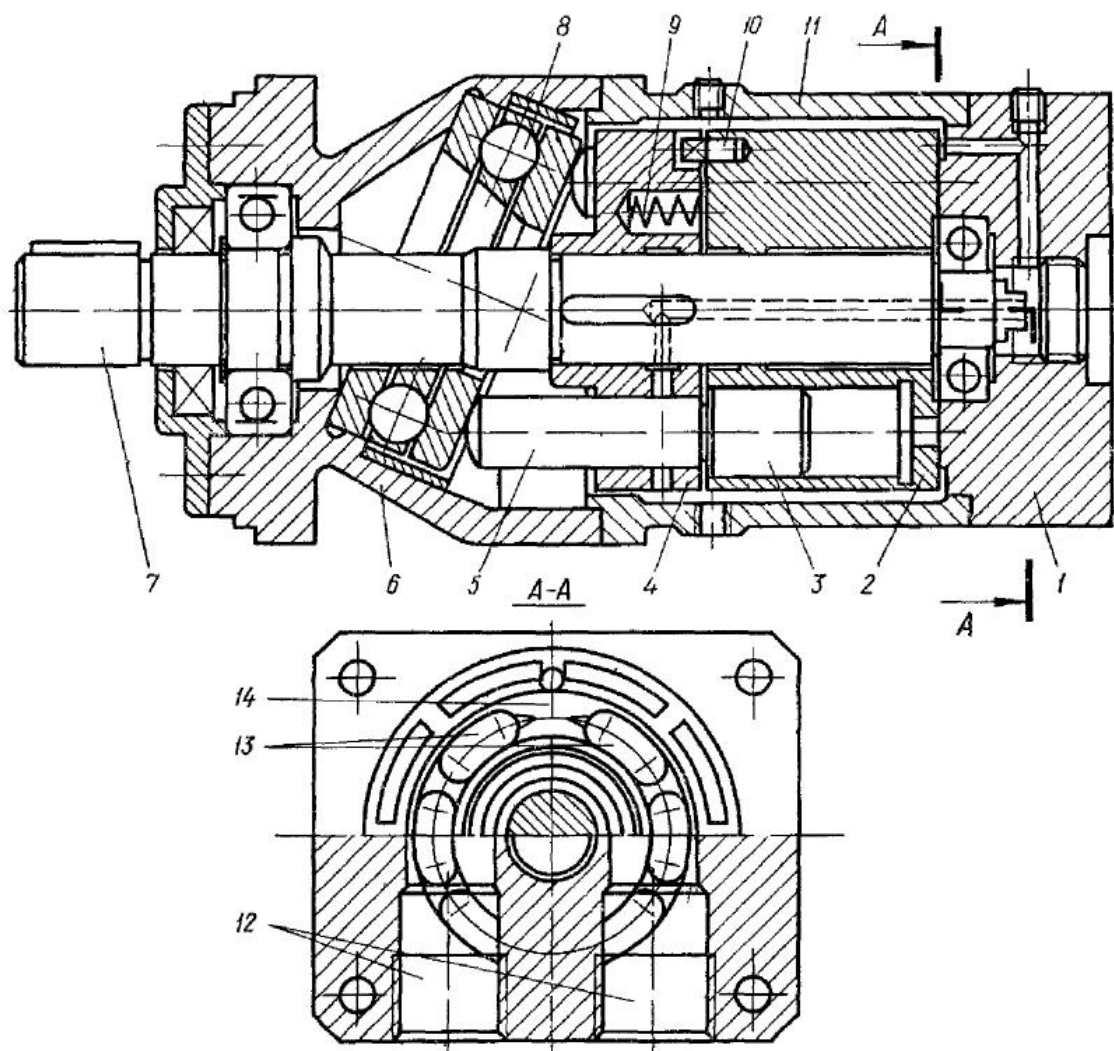


Рисунок 34 - Конструкция аксиально-поршневого гидромотора тип. Г15-2

Когда жидкость через отверстия в задней крышке **13** и узел торцевого распределения подводится под высоким давлением из напорной гидромагистрали в рабочие камеры, на толкателях **5** возникают радиальные силы, которые создают вращающий момент на направляющей **4** и вращают выходной вал **7**.

ГМ Г15-2...Р отличаются применением более долговечных подшипников и улучшенных материалов [13, 15], обеспечивающих повышение ресурса. ГМ типа Г15-2...М содержат в конструкции регулятор давления, размещенный непосредственно в корпусе ГМ и автоматически поддерживающий постоянный перепад давления на дросселе при дроссельном регулировании скорости, а следовательно, и расход масла, поступающий в ГМ. При этом обеспечивается малая зависимость частоты вращения от нагрузки.

Объемная машина может быть использована в генераторном (насосном) режиме и режиме ГД.

Характеристики роторных (объемных) машин в их стационарных режимах работы необходимы для определения параметров совместной либо раздельной работы гидромашин при различных кинематических и силовых показателях.

Приведем основные из них.

**Рабочий объем** – изменение объема рабочих камер ГМ за один оборот ротора:

$$q_i = Vzim, \quad (50)$$

где  $V, z$  – объем рабочей камеры,  $\text{м}^3$  и их количество соответственно;

$i$  – количество рядов рабочих камер;

$m$  – количество рабочих циклов, выполняемых камерой за оборот ротора.

Потребляемый ГМ **расход**:

$$Q_i = \frac{q_i n_i}{\eta_0} = \frac{q_i \omega}{2\pi\eta_0}. \quad (51)$$

Скоростная характеристика ГМ определяется **частотой вращения его вала**:

$$n_i = \frac{Q_{\text{в}}}{q_i} \eta_0. \quad (52)$$

Важным кинематическим параметром является жесткость скоростной характеристики при постоянном подводимом расходе  $Q_{\text{ГМ}}$  [21]. Из выражения (52) следует, что при постоянном  $Q_{\text{ГМ}}$  жесткость скоростной характеристики зависит от величины и характера изменения объемных потерь ГМ, учитываемых объемным КПД:

$$\eta_0 = \frac{Q_{\delta}}{Q}. \quad (53)$$

**Механический КПД** при работе ГМ:

$$\eta_i = \frac{M_i}{M_{\delta}}, \quad (54)$$

где  $M_i$  – полезный момент на валу ГМ, Н·м.

В итоге, **потребляемая ГМ мощность**:

$$N_{\text{вн}} = \frac{\Delta p Q}{60}, \quad (55)$$

где  $\Delta p$  – перепад давления на ГМ, МПа.

Отдаваемая ГМ **мощность**:

$$N_i = \frac{M_i}{9552,2}. \quad (56)$$

Гидравлические и механические потери энергии характеризуются **полным или эффективным КПД**. Его рассчитывают по формуле:

$$\eta = \frac{N_i}{N_{\text{вн}}} = \frac{M_i}{152,2 \cdot \Delta p Q} = \eta_0 \cdot \eta_i \cdot \eta_a; \quad (57)$$

### Экспериментальная установка

Стенд состоит из насоса **Н1** работающего в составе питающей установки **НУ** (**Н2** не подключен), включающей электродвигатель **ЭД**, предохранительные клапаны **КП2**, **КП3**, емкость для рабочей жидкости **Б**, теплообменный аппарат **ТАО**, фильтры всасывающие **Ф1**, **Ф2**, сливной фильтр **Ф3**, клапаны обратные **КО1**, **КО2**, датчик температуры рабочей жидкости **ДТ**, заливную горловину с сапуном **ГЗ** с фильтром грубой очистки, указатель уровня жидкости **ИВ**. Настраиваемые предохранительные клапана **КП2**, **КП3** ограничивает максимальное давление в гидросистеме от насосов **Н1**, **Н2**. Рабочее давление контролируется визуально по манометрам **МН2**, **МН3** соответственно (см. Рис.35).

95

Слив рабочей жидкости из **ГМ1** осуществляется через переменный дроссель **ДР** или регулятор расхода **РР** (в зависимости от заданного варианта схемы с дросселированием «на выходе»), распределитель **Р2** в бак **Б2**. При замере расхода ГМ включением рукоятки распределителя **Р3** жидкость поступает в мерный бак **МБ**. Кран шаровой **КН3** обеспечивает сброс рабочей жидкости из мерной колонки.

Давление на выходе **ГМ** контролируется манометром **МН5**. Крутящий момент нагрузки гидромотора создается гидравлическим нагрузателем **УН**. В состав которого входит гидромотор **ГМ2**, установленный на противовключении **ГМ1**, клапаны обратные **КО1**, **КО2**, бак **Б1** с указателем уровня рабочей жидкости **ИВ1**, заливной горловиной с фильтром грубой очистки **ГЗ1**, клапанов давления **КП1**, **КП2**, манометров **МН1**, **МН2** (см. Рис.35).

Частота вращения вала гидромотора **ГМ1**  $n_m$  изменяется настройкой дросселя **ДР** или регулятора расхода **РР**, контролируется бесконтактным тахометром, входящим в измерительный комплекс УС.

Расход жидкости и объемные потери гидромотора определяются объемным способом с использованием мерного бака **МБ** и секундомера, входящим в измерительный комплекс УС:

$$Q_i = \frac{60V_i}{t_z}, \quad (58)$$

где  $V_i$  – объем жидкости, заполняющей мерный бак;

$t_z$ , – время заполнения объема бака  $V_1$  или  $V_2$ .

Регулятор потока – это сложный регулирующий гидроаппарат, предназначенный для поддержания постоянного расхода рабочей жидкости независимо от перепада давления на нем [24].

Конструктивная схема регулятора потока представлена на рисунке 21 и состоит из корпуса **1**, в который встроены регулируемый дроссель **2** и клапан разности давления **3**, поддерживающий постоянный перепад давления на дросселе, а следовательно, и постоянный расход.



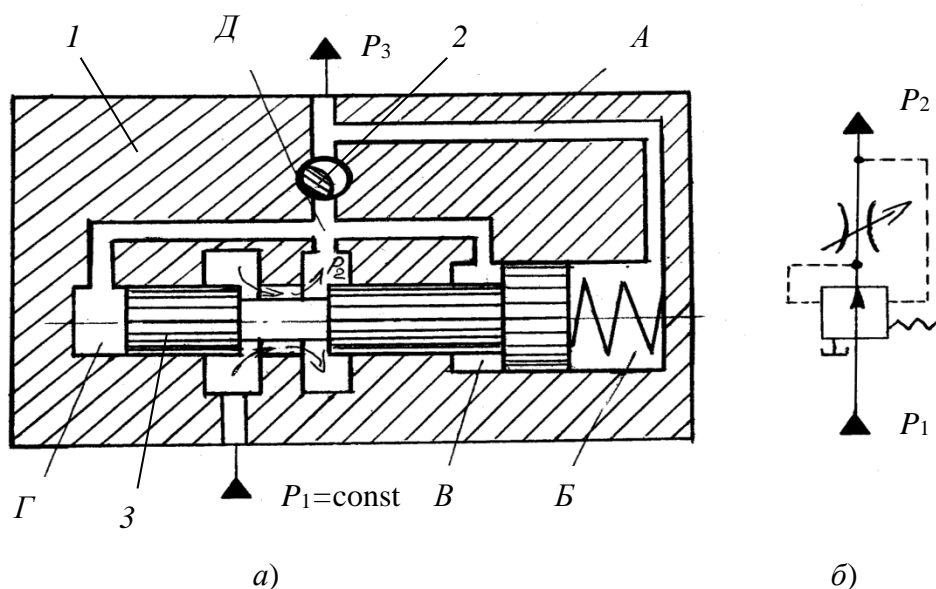


Рис. 21. Регулятор расхода: а – конструктивная схема; б – условное обозначение

При повышении давления  $P_3$  перепад давления  $\Delta p$  уменьшается, а следовательно,  $p_2$  увеличивается, золотник РП перемещается влево.

$$p_3 \frac{\pi D^2}{4} + f_{\text{пр}} = p_2 \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) + p_1 \frac{\pi d^2}{4}, \quad (59)$$

$$\Delta p = p_2 - p_3 = \frac{4p_{\text{пр}}}{\pi D^2} = \text{const}, \quad (60)$$

где  $D, d$  – внешний и внутренний диаметры золотника регулятора расхода соответственно, м.

Если происходит уменьшение  $p_3$ , то  $\Delta p$  повышается и золотник смещается вправо, а следовательно, расход будет поддерживаться на постоянном уровне:

$$Q = \mu f_{\text{др}} u_{\text{др}} \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{др}}}{\rho}} = \text{const}, \quad (61)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода критической части регулятора расхода;

$f_{\text{ао}}$  – площадь дросселируемого канала, м<sup>2</sup>;

$u_{\text{ао}}$  – величина открытия, м;

$\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>.

### Порядок выполнения работы

В ходе экспериментальных исследований требуется определить характеристики ГМ при разных режимах нагружения, при задаваемых преподавателем

значениях перепадов давления  $\Delta p_{mi}$  на ГМ и фиксированной частоте вращения  $n_m$ .

Для проведения эксперимента необходимо:

- Снять показания манометров МН3 и МН5, вычислив данные значений перепадов давления  $\Delta p_{m1} \dots \Delta p_{m5}$  и частоты вращения  $n_m$ .

Таблица 13. Данные эксперимента с дросселем (ДР)

Номер опыта	Давление на нагнетании $p_1$ , МПа	Давление на сливе $p_2$ , МПа	$n_{ГМ}$ , мин <sup>-1</sup>	Объем жидкости $V$ , см <sup>3</sup>	Объем утечек $V_y$ , см <sup>3</sup>	Время $t_y$ , с
1						
2						
3						
4						
5						

Таблица 14. Данные эксперимента с регулятором расхода (РР)

Номер опыта	Давление на нагнетании $p_1$ , МПа	Давление на сливе $p_2$ , МПа	$n_{ГМ}$ , мин <sup>-1</sup>	Объем жидкости $V$ , см <sup>3</sup>	Объем утечек $V_y$ , см <sup>3</sup>	Время $t_y$ , с
1						
2						
3						
4						
5						

- Нагружая гидромотор ГМ1 гидравлическим нагрузателем УН (см. рис. 20), последовательно устанавливая перепады давления  $\Delta p_{mi}$  по исходным данным в таблицах 13 и 14, определить изменение скоростной характеристики  $n_m$  для двух вариантов ГП (с ДР и РР);
- Выполнить расчет  $Q_{ГМ}$ ,  $\eta_o$ ,  $q_{ГМ}$ ,  $M_{ГМ}$  в соответствии с методикой, занести результаты расчетов в таблицы 15 и 16;
- Построить совмещенные графики зависимостей  $Q_{ГМ}=f(\Delta p)$ ,  $n_{ГМ}=f(M_{п})$ ,  $q_{ГМ}=f(M_{п})$ ,  $\eta_o=f(M_{п})$  для двух вариантов схем;
- Проанализировать результаты эксперимента, сравнить полученные характеристики ГМ с техническими (паспортными) данными [14, 15], определить его типоразмер;

- Сформулировать выводы, рекомендации по улучшению характеристик ГМ в исследуемом приводе;
- Оформить и представить к защите отчет о выполненной работе.

### Обработка результатов эксперимента

Рассчитать характеристики гидродвигателя.

1) Перепад давления в напорной и сливной линиях гидромотора:

$$\Delta p = p_1 - p_2, \quad (62)$$

где  $p_1$ ,  $p_2$  – давление в напорной и сливной линии гидромотора соответственно, МПа.

2) Расход аксиально-поршневого гидромотора

$$Q_{\text{ГМ}} = \frac{V}{t}, \quad (63)$$

где  $V$  – объем жидкости в мерном резервуаре, м<sup>3</sup>;

$t$  – время заполнения мерного резервуара, с.

3) Расход, затрачиваемый на утечки гидромотора

$$Q_y = \frac{V_y}{t_y}, \quad (64)$$

где  $V_y$  – объем жидкости в мерном резервуаре утечек, м<sup>3</sup>;

$t_y$  – время заполнения мерного резервуара утечек, с.

4) Объемный КПД гидромотора

$$\eta_o = 1 - \frac{Q_y}{Q_{\text{ГМ}}}. \quad (65)$$

5) Для аксиально-поршневого гидромотора рабочий объем

$$q_{\text{ГМ}} = \frac{Q_{\text{ГМ}}}{n \eta_o}. \quad (66)$$

6) Крутящий момент на валу гидромотора

$$M_{\text{ГМ}} = \frac{\Delta p q_{\text{ГМ}}}{2\pi}. \quad (67)$$

По результатам работы, на основании выполненных расчетов (таб.15 и 16) сделать выводы о качестве и целесообразности регулирования дросселем и регулятором расхода в гидроприводе.

Таблица 15. Результаты обработки данных эксперимента (ДР)

Номер опыта	Перепад давления $\Delta p_{\text{ГМ}}$ , МПа	Расход утечек $Q_y$ , см <sup>3</sup> /мин	Объемный КПД $\eta_o$	Рабочий объем ГМ $q_{\text{ГМ}}$ , см <sup>3</sup>	Момент на валу ГМ $M_{\text{ГМ}}$ , Н·м
1					
2					
3					
4					
5					

Таблица 16. Результаты обработки данных эксперимента (РР)

Номер опыта	Перепад давления $\Delta p_{\text{ГМ}}$ , МПа	Расход утечек $Q_y$ , см <sup>3</sup> /мин	Объемный КПД $\eta_o$	Рабочий объем ГМ $q_{\text{ГМ}}$ , см <sup>3</sup>	Момент на валу ГМ $M_{\text{ГМ}}$ , Н·м
1					
2					
3					
4					
5					

Построить графики зависимостей  $Q_{\text{ГМ}}=f(\Delta p)$ ,  $n_{\text{ГМ}}=f(M_{\text{п}})$ ,  $q_{\text{ГМ}}=f(M_{\text{п}})$ ,  $\eta_o=f(M_{\text{п}})$  для двух рассмотренных способов регулирования.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните устройство и принцип действия ротационных ГД объемного типа.
2. Назовите отличительные особенности конструкции аксиально-поршневого ГМ.
3. Для каких целей применяется регулятор расхода? Объясните особенности конструкции и принцип его работы.
4. Насколько эффективно регулирование ГД при помощи дросселя и регулятора расхода?
5. Сделайте сравнительный анализ по результатам работы о преимуществах способов регулирования ГД.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов. – М., 1982. – 432 с.
2. Вильнер Я.М. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я.М. Вильнер [и др.]. — Минск: Вышэйш. шк., 1976.
3. Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов. Библиотека конструктора / М.Е. Гойдо. – М.: Машиностроение, 2009. – 305 с.
4. ГОСТ 2.782–96. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические. – 1997. – Взамен ГОСТ 2.782-68 Введ. 01.01.98. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – Межгосударственный стандарт.
5. ГОСТ 2.701–84. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – Переизд. Окт. 1986. – Взамен ГОСТ 2.701-76. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 17 с.:– (Единая система конструкторской документации). УДК 62: 002: 006.354 Группа Т52.
6. ГОСТ 17752–81. Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения. – 1981. – Взамен ГОСТ 17752-72. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – Межгосударственный стандарт.
7. Данилов Ю.А. Аппаратура объемных гидроприводов: рабочие процессы и характеристики / Ю.А. Данилов, Ю.Л. Кириловский, Ю.Г. Колпаков. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
8. Домогаров А.Ю. Рабочие жидкости и смазки: учеб. пособие / А.Ю. Домогаров, А.И. Степаков, И.С. Леладзе. – М., 2005. – 102 с.
9. Меркле Д. Гидравлика, основной курс TP501: учеб. пособие. Т.1 / Д. Меркле, Б. Шрадер, М. Томес. – Киев: Изд-во ДП «Фесто», 2002. – 130 с.
10. Сидоренко В.С. Изучение и разработка схмотехнических решений промышленного гидропривода: учеб. пособие / В.С. Сидоренко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006. – 104 с.

11. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем: учебник для вузов / Д.Н. Попов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 464 с.
12. Попов Д.Н. Гидромеханика: учеб. для вузов / Д.Н. Попов, С.С. Панайотти, М.В. Рябинин; под ред. Д.Н. Попова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 384 с.
13. Сидоренко В.С. Элементы и системы гидрофицированного технологического оборудования: учеб. пособие / В.С. Сидоренко, М.С. Полешкин, В.И. Грищенко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012. – 172 с.
14. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: справочник. Библиотека конструктора / В.К. Свешников. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2008. – 640 с.
15. Свешников В.К. Гидрооборудование: междунар. справочник. Кн. 1. Насосы и гидродвигатели: номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость / В.К. Свешников. – М.: Издат. центр «Техинформ» МАИ, 2001. – 360 с.
16. Свешников В.К. Гидрооборудование: междунар. справочник. Кн. 2. Гидроаппаратура: номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость / В.К. Свешников. – М.: Издат. центр «Техинформ» МАИ, 2002. – 508 с.
17. Свешников В.К. Гидрооборудование: междунар. справочник. Кн. 3. Вспомогательные элементы гидропривода: номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость / В.К. Свешников. – М.: Издат. центр «Техинформ» МАИ, 2003. – 445 с.
18. Сидоренко В.С. Курсовое и дипломное проектирование гидрофицированной техники: учеб. пособие / В.С. Сидоренко, В.Н. Абрамова, А.Т. Рыбак, Р.А. Фридрих. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2014. – 121 с.
19. Схиртладзе А.Г. Станочные гидравлические системы: учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, В.И. Иванов и др. – Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2007. – 276 с.

20. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1975. – 326 с.
21. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов: учебник для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / К.Л. Навроцкий. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
22. Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические приводы. Ч. 2. Гидравлические приводы и системы. Основы: учеб. пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. – М.: ФОРУМ, 2007. – 304 с.
23. Богданович Л.Б. Гидравлические приводы: учеб. пособие для вузов / Л.Б. Богданович. – Киев: Вища шк., 1980. – 232 с.
24. Трифонов О.Н. Приводы автоматизированного оборудования / О.Н. Трифонов, В.И. Иванов, Г.О. Трифонова. – М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.
25. Иванов Г.М. Проектирование гидравлических систем машин / Г.М. Иванов, С.А. Ермаков, Б.Л. Коробочкин, Р.М. Пасынков. – М.: Машиностроение, 1992. – 224 с.
26. Экснер Х. Гидропривод. Основы и компоненты / Х. Экснер, Р. Фрейнтаг, Х. Гайс и др. – 2-е изд. на рус. яз., перераб. и доп. – Эрбах: Изд-во Бош Рексрот АГ Сервис Автоматизация Дидактика, 2003. – 323 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

## Формы для лабораторной работы № 1

### 1. Объемный гидродвигатель \_\_\_\_\_

Тип, завод-изготовитель	
Назначение, принцип действия	
Диаметр поршня, мм	
Диаметр штока, мм	
Длина хода штока, мм	
Номинальное давление, МПа	
Номинальная толкающая сила, Н	
Номинальная тянущая сила, Н	
Скорость выдвижения, м/с	
Скорость задвижения м/с	

Уравнение	Расходно-перепадная характеристика
Назначение и область применения устройства ( ):          	
Принцип действия устройства ( ):          	



### Формы для лабораторной работы № 1

2. Регулирующее устройство: \_\_\_\_\_

Тип, завод-изготовитель	
Назначение, область применения	
Тип монтажа устройства	
Назначение пружин в клапане	
Назначение шарикового и поршневого клапанов	
Диаметр золотника, мм	
Диапазоны регулирования, МПа	
Номинальный расход, м <sup>3</sup> /с	
Номинальное давление, МПа	
Уравнение	Расходно-перепадная характеристика
Назначение и область применения устройства ( ): <div style="height: 100px; border: 1px solid black; margin-top: 5px;"></div>	
Принцип действия устройства ( ): <div style="height: 100px; border: 1px solid black; margin-top: 5px;"></div>	



**Формы для лабораторной работы № 1**

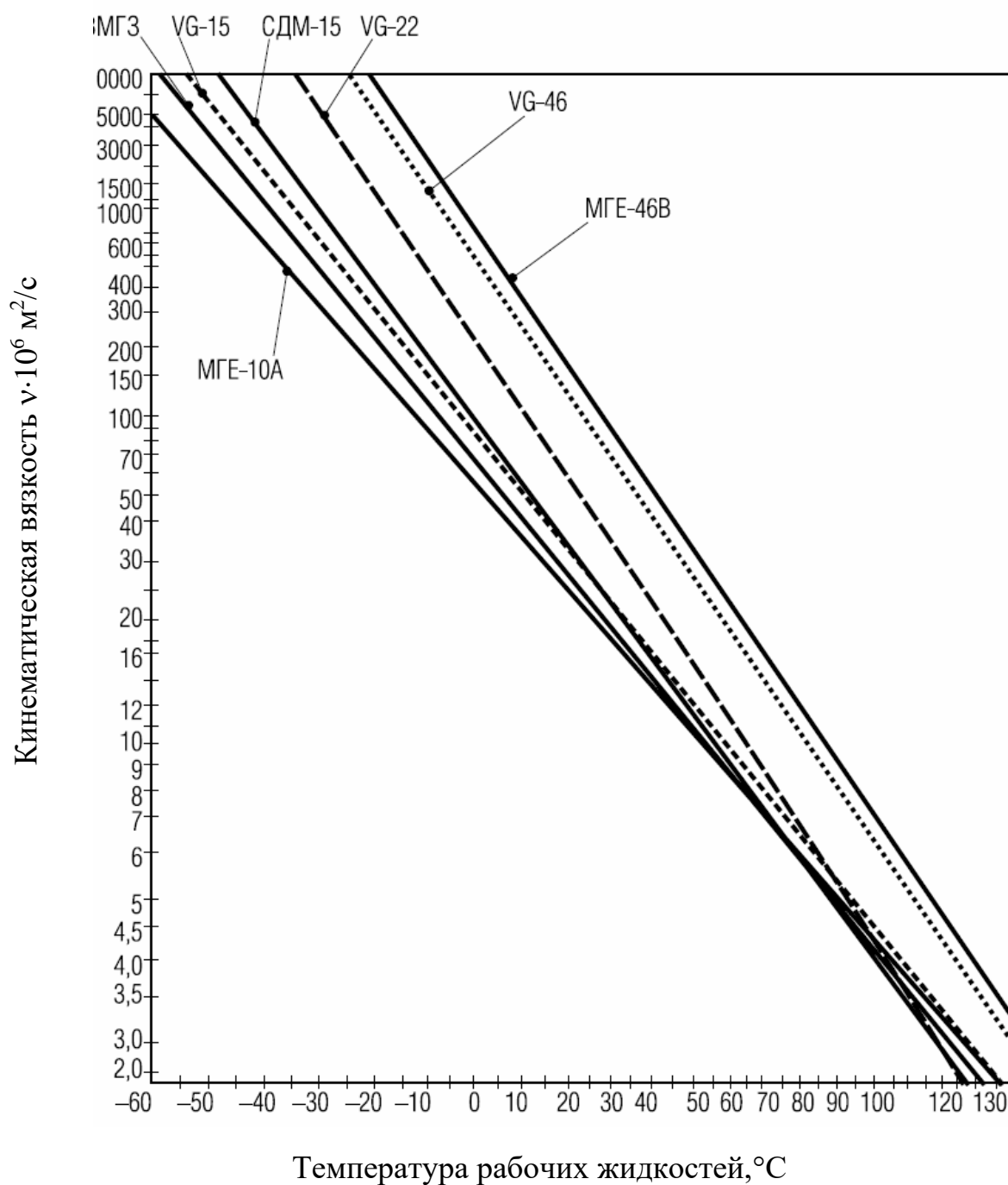
№ п.п.	Конструктивный эскиз элемента	Изображение по ЕСКД
1	2	3
1		
2		
3		

### Условные обозначения элементов ГП

№ п.п.	Условное изображение	Описание
1	2	3
Лабораторная работа № 4		
1		Гидроцилиндр (ГЦ) двухстороннего действия, без демпфирования в конце хода
2		Гидрораспределитель (Р) четырехлинейный, трехпозиционный с ручным (мускульным) управлением и открытым сливом
3		Насосно-энергетическая станция, включающая: предохранительный клапан; манометр; насос; приводной двигатель
4		Регулируемый дроссель с обратным клапаном
5		Манометр
Лабораторная работа № 5		
6		Гидроцилиндр (ГЦ) двухстороннего действия, с двухсторонним штоком и демпфированием в конце хода
7		Гидравлический клапан давления, предохранительный
8		Гидрораспределитель (Р) четырехлинейный, трехпозиционный с электромагнитным управлением и перекрытым центром
9		Регулируемый дроссель
10		Манометр
11		Клапан обратный с пружинным возвратом

1	2	3
12		Насосно-энергетическая станция включающая: предохранительный клапан; манометр; насос; приводной двигатель
Лабораторная работа № 7		
13		Гидроцилиндр (ГЦ) двухстороннего действия, с демпфированием в конце хода
14		Гидравлическое реле давления
15		Расходомер
16		Гидрораспределитель (Р) четырехлинейный, двухпозиционный с электромагнитным управлением и перекрытым центром
17		Гидравлический клапан давления, предохранительный
18		Манометр
19		Насосно-энергетическая станция, включающая: предохранительный клапан; манометр; насос; приводной двигатель

## ЗАВИСИМОСТЬ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ



**РЕКОМЕНДАЦИИ**  
**для выполнения лабораторного практикума**  
**по дисциплине «Гидропривод и средства автоматики»**

К занятиям допускаются студенты, имеющие оформленный протокол отчета лабораторных работ и прошедшие инструктаж по технике безопасности (см. инструкцию в прил.7) работы в лабораториях на экспериментальных установках.

Для успешного выполнения и допуска к защите лабораторного практикума необходимо:

1. Ознакомиться с целями и задачами выполняемой лабораторной работы.
2. Записать основные теоретические положения в виде ключевых выражений и определений, предварительно ознакомившись с ними в соответствующем пункте данного практикума.
3. Изучить схему лабораторной установки и выполнить ее эскиз в протоколе с пояснением состава и принципа действия элементов.
4. Установить какие входные и выходные данные требуется получить в ходе выполнения лабораторной работы.
5. Под руководством преподавателя и в сопровождении ассистирующего инженера, провести серию экспериментов, занеся в таблицу полученные данные исследования.
6. Выполнить расчетную часть работы согласно методике, приведенной в данном практикуме.
7. По завершении расчета, занести полученные данные в таблицу, построив графики зависимостей, если это необходимо.
8. Сделать вывод по результатам работы, согласно поставленным целям и задачам.

**ИНСТРУКЦИЯ**  
**по технике безопасности для преподавателей, ассистентов и**  
**студентов при выполнении лабораторных работ**

1. К работе на лабораторной установке допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ознакомившиеся с ее устройством и особенностями.

2. Все необходимые операции на лабораторной установке студенты выполняют под контролем преподавателя или лаборанта.

3. После включения установки необходимо убедиться в правильности ее работы.

4. Во время проведения лабораторных работ во избежание несчастных случаев и травмирования запрещается:

- касаться руками токоведущих проводов, клемм, деталей;
- перепоручать наблюдение за работой установки лицам, не прошедшим инструктаж;
- самостоятельно перемещать измерительные приборы, что может вызвать их поломку.

5. При обнаружении опасности или неисправности оборудования лабораторной установки необходимо немедленно ее отключить от сети.

6. После выполнения лабораторной работы или на время перерыва лабораторная установка отключается и выключается рубильник силового шкафа.

7. При несчастном случае необходимо оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....		4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИ- КУМУ.....		6
2. ОПИСАНИЕ И РАБОТА УЧЕБНОГО СТЕНДА.....		8
2.1 Меры безопасности и эксплуатационные ограничения при эксплуатации....		27
2.2 Техническое обслуживание ГС.....		29
2.3 Дополнительное оборудование ГС.....		29
3. ПОДГОТОВКА УЧЕБНОГО СТЕНДА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ.....		36
4. ЗАПУСК СТЕНДА И ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАЧ ПРИМЕНЕНИЯ.....		38
5. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ.....		40
5.1 Действия в экстремальных условиях.....		40
5.2 Действия при экстренной эвакуации обслуживающего персонала.....		40
6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....		41
Лабораторная работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА.....		43
Лабораторная работа № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕС-КОЙ ПИТАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ .....		57
Лабораторная работа № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА РЕГУЛИРУЕМОГО ДРОССЕЛЯ .....		67
Лабораторная работа № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ДРОССЕЛИРО-ВАНИИ ....		75
Лабораторная работа № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ДРОССЕЛИРОВАНИИ .....		82
Лабораторная работа № 6. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОМОТОРА .....		90
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....		100
ПРИЛОЖЕНИЯ .....		105
Приложение 1	Формы для лабораторной работы № 1 .....	105
Приложение 2	Условные обозначения элементов ГП .....	109
Приложение 3	Зависимость кинематической вязкости рабочих жидкостей от температуры .....	111
Приложение 4	Рекомендации для выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Гидропривод и средства автоматики».....	112
Приложение 5	Инструкция по технике безопасности для преподавателей, ассистентов и студентов при выполнении лабораторных работ .....	113

Учебное издание

**Сидоренко** Валентин Сергеевич,  
**Ракуленко** Станислав Вадимович,  
**Полешкин** Максим Сергеевич,  
**Медведев** Денис Дмитриевич

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**  
по дисциплине  
«Гидропривод и средства автоматики»

Редактор Т.С. Колоскова  
Компьютерная обработка: И.В. Кикичева

Тем. план 2023 г.